



## **ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION**

### **Mission G2 AVP**

## **CONSTRUCTION D'UN LYCEE**

#### **Indice : C**

Objet : rapport initial du 06/12/2023

Rédacteur : G. SEBAALY

Vérificateur : C. LEBEAU

Nombre de pages : 52 + 7 Annexes



## MISSION G2 AVP

### ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION

### PHASE AVANT PROJET

Ce dossier comprend :

- 1 rapport
- Annexe 1 : Conditions Générales de Vente et d'exécution des prestations
- Annexe 2 : Conditions Générales des Missions d'Ingénierie Géotechnique
- Annexe 3 : Schémas d'implantation des investigations in-situ
- Annexe 4 : Résultats des sondages et essais in-situ
- Annexe 5 : Procès-verbaux des essais au pénétromètre dynamique
- Annexe 6 : Procès-verbaux des pelles mécaniques
- Annexe 7 : Procès-verbaux des essais en laboratoire
- Annexe 8 : Etude hydrogéologique - Première approche de la piézométrie et des rayons d'action des pompages en fouille

Ind	Date	Rédacteur	Vérificateur	Observations
A	07/07/2023	Y. KHATER	C. LEBEAU	Première diffusion
B	26/07/2023	Y. KHATER	C. LEBEAU	Deuxième diffusion : Intégration de l'étude NPHE
C	06/12/2023	G. SEBAALY	C. LEBEAU	Intégration des canalisations



## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PRESENTATION</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>Définition de l'opération - Mission</b>	<b>6</b>
1.1.1	Mission	6
1.1.2	Intervenants	7
1.1.3	Documents communiqués	7
<b>1.2</b>	<b>Descriptions générales du site</b>	<b>8</b>
1.2.1	Plan de situation et vue aérienne	8
1.2.2	Ouvrages existants	9
<b>1.3</b>	<b>Caractéristiques du projet</b>	<b>10</b>
1.3.1	Description du projet	10
1.3.2	Sollicitations d'exploitation du projet et trafics	12
<b>1.4</b>	<b>Contexte géologique et hydrogéologique</b>	<b>13</b>
<b>1.5</b>	<b>Aléas et risques naturels</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>RECONNAISSANCE DES SOLS</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Généralités</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Sondages de reconnaissance</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Essais mécaniques in-situ</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Equipement des sondages</b>	<b>19</b>
2.4.1	Piézométrie	19
<b>2.5</b>	<b>Essais de perméabilité in situ</b>	<b>19</b>
<b>2.6</b>	<b>Essais en laboratoire</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>RESULTATS DES INVESTIGATIONS</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Analyse géologique du site</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Piézométrie – Niveaux d'eau</b>	<b>22</b>
<b>3.3</b>	<b>Essais in-situ</b>	<b>23</b>
3.3.1	Essais pressiométriques	23
3.3.2	Essais de pénétration dynamique	23
3.3.3	Essais de perméabilité	25
<b>3.4</b>	<b>Essais en laboratoire</b>	<b>26</b>
3.4.1	Identification des sols	26
3.4.2	Etudes de traitement	27
3.4.3	Aggressivité des sols et de la nappe vis-à-vis des bétons	28
<b>4</b>	<b>ESTIMATION DES NIVEAUX DES PLUS HAUTES EAUX SOUTERRAINES</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Synthèse des données disponibles</b>	<b>30</b>



<b>4.2</b>	<b>Méthodologie</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>Niveau actuel de la nappe (N<sub>actuel</sub>)</b> .....	<b>32</b>
<b>4.4</b>	<b>Battement saisonnier et interannuel de la nappe (B)</b> .....	<b>32</b>
<b>4.5</b>	<b>Influence des pompages voisins (R)</b> .....	<b>33</b>
<b>4.6</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>SYNTHESE GEOTECHNIQUE</b> .....	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Synthèse lithologique</b> .....	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Synthèse et analyse géomécaniques</b> .....	<b>37</b>
5.2.1	Synthèse.....	37
5.2.2	Analyse .....	37
<b>5.3</b>	<b>Hydrogéologie</b> .....	<b>38</b>
<b>5.4</b>	<b>Protection des ouvrages vis-à-vis de l'agressivité de l'eau et des sols</b> .....	<b>39</b>
<b>5.5</b>	<b>Sols sensibles au retrait - gonflement</b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES</b> .....	<b>40</b>
<b>6.1</b>	<b>Textes règlementaires</b> .....	<b>40</b>
<b>6.2</b>	<b>Terrassements généraux et ponctuels</b> .....	<b>40</b>
6.2.1	Traficabilité en phase travaux .....	40
6.2.2	Drainage en phase travaux .....	41
<b>6.3</b>	<b>Présence d'eau et protection envisagée</b> .....	<b>41</b>
<b>6.4</b>	<b>Estimation du débit prévisionnel du pompage</b> .....	<b>42</b>
<b>6.5</b>	<b>Principe de fondation</b> .....	<b>44</b>
<b>6.6</b>	<b>Justification des fondations superficielles</b> .....	<b>44</b>
6.6.1	Définition des fondations .....	44
6.6.2	Règlements utilisés.....	44
6.6.3	Etats limites de résistance du sol .....	45
6.6.4	Tassements.....	48
6.6.5	Efforts horizontaux - État limite ultime de glissement .....	48
6.6.6	Sujétions particulières.....	48
<b>6.7</b>	<b>Niveau bas</b> .....	<b>49</b>
<b>6.8</b>	<b>Voiries</b> .....	<b>49</b>
6.8.1	Données du projet.....	49
6.8.2	Portance du sol support .....	49
6.8.3	Amélioration de l'arase .....	50
6.8.4	Couche de forme .....	50
6.8.5	Réception .....	50
<b>6.9</b>	<b>Tranchées</b> .....	<b>51</b>
6.9.1	Remblaiement des tranchées .....	55



6.9.2	Objectifs de densification .....	56
6.9.3	Cas types de remblais sur réseaux.....	57
6.9.4	Matériaux réutilisables en remblai.....	58
6.9.5	Condition de réemploi des matériaux du site .....	61
<b>6.10</b>	<b>Précautions particulières de conception et d'exécution .....</b>	<b>61</b>
6.10.1	Fondations .....	61
6.10.2	Construction .....	61
6.10.3	Précautions de mise en œuvre .....	62
6.10.4	Éléments de structure .....	62
<b>7</b>	<b>ALEAS ET RISQUES RESIDUELS.....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>CONDITIONS CONTRACTUELLES .....</b>	<b>64</b>



# 1 PRESENTATION

## 1.1 Définition de l'opération - Mission

### 1.1.1 Mission

A la demande et pour le compte de la Région Centre Val de Loire, **INFRANEO** a reçu pour mission de réaliser, dans le cadre de la construction d'un lycée, une étude géotechnique de conception (mission G2 phase AVP) sur un terrain situé Avenue du Gatinais à Châteauneuf sur Loire (45).

La mission G2AVP a permis de définir :

- Le contexte géologique et hydrogéologique du site ;
- Les hypothèses géotechniques à retenir pour le pré-dimensionnement des fondations ;
- Un exemple d'ébauche dimensionnelle au stade de l'AVP ;
- Diverses dispositions constructives et précautions concernant les dallages, terrassements, soutènements, voiries et les dispositions spécifiques vis-à-vis des nappes et avoisinants.

Il s'agit d'une mission de type G<sub>2</sub> phase AVP, selon la norme NF P 94-500 (Version de Novembre 2013).

Il a été réalisé antérieurement une étude géotechnique G1ES/PGC par la société GINGER sous référence OOR2.K.0504 datée du 20/02/2020.

Notre étude ne fournit pas le dimensionnement structure des fondations (largeur, ferrailage, etc.). En effet, ce dimensionnement, généralement à la charge d'un BET Structure, ne peut être défini qu'après calcul des descentes de charges précises de l'aménagement envisagé.

Elle ne comprend pas (liste non exhaustive) :

- le diagnostic structurel de l'ouvrage existant ;
- l'étude de stabilité des talus et l'étude des ouvrages de soutènements éventuels ;
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale et la détermination des NPHE ;
- les études de pollutions éventuelles (sols et nappes) ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations (vides et/ou zones décomprimées notamment) ;



- la stabilité des remblais existants ou le dimensionnement des ouvrages à mettre en œuvre pour l'assurer ;
- les études pyrotechniques du sous-sol ;
- la recherche de vestiges anthropiques sur le site.

Elle est par ailleurs limitée par les hypothèses du projet qui nous ont été transmises au démarrage de notre mission.

### 1.1.2 Intervenants

Au moment de notre étude, les intervenants étaient les suivants :

<b>Maitre d'Ouvrage</b>	Région Centre Val de Loire
<b>Assistant Maitre d'Ouvrage</b>	AVENSIA
<b>Architecte</b>	MOON SAFARI
<b>Architecte assistant</b>	C+S Architecture
<b>BET Géotechnique</b>	INFRANEO GÉOTECHNIQUE

### 1.1.3 Documents communiqués

Pour cette étude, les documents suivants nous ont été communiqués :

Doc	Document	Origine	Echelle	Date
1	Cahier des Charges	Moon Safari	-	Février 2023
2	Rapport d'étude G1ES/PGC	GINGER	-	Février 2020
3	Plan de masse projet	Moon Safari	-	Mars 2023
4	Suivi piézométrique	GINGER	-	Mars 2023



## 1.2 Descriptions générales du site

### 1.2.1 Plan de situation et vue aérienne

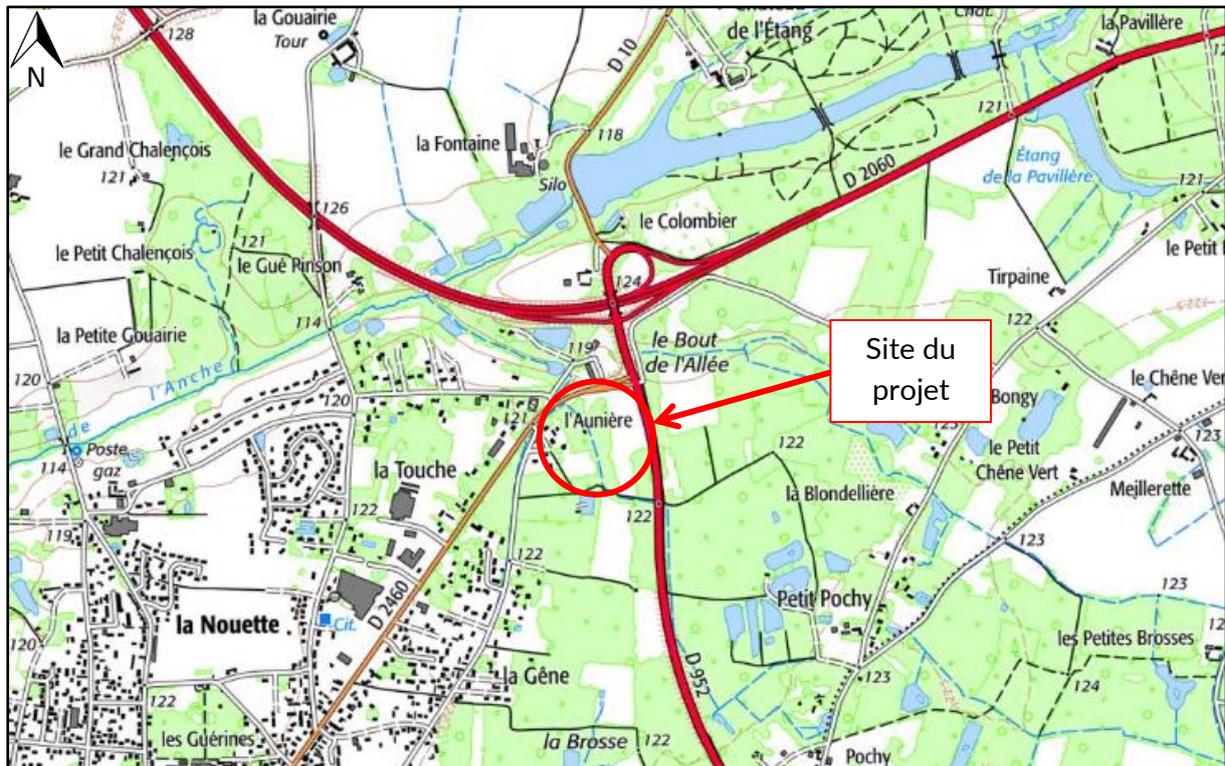


Figure 1 : Localisation du projet (fond de carte topographique, source geoportail.gouv.fr)

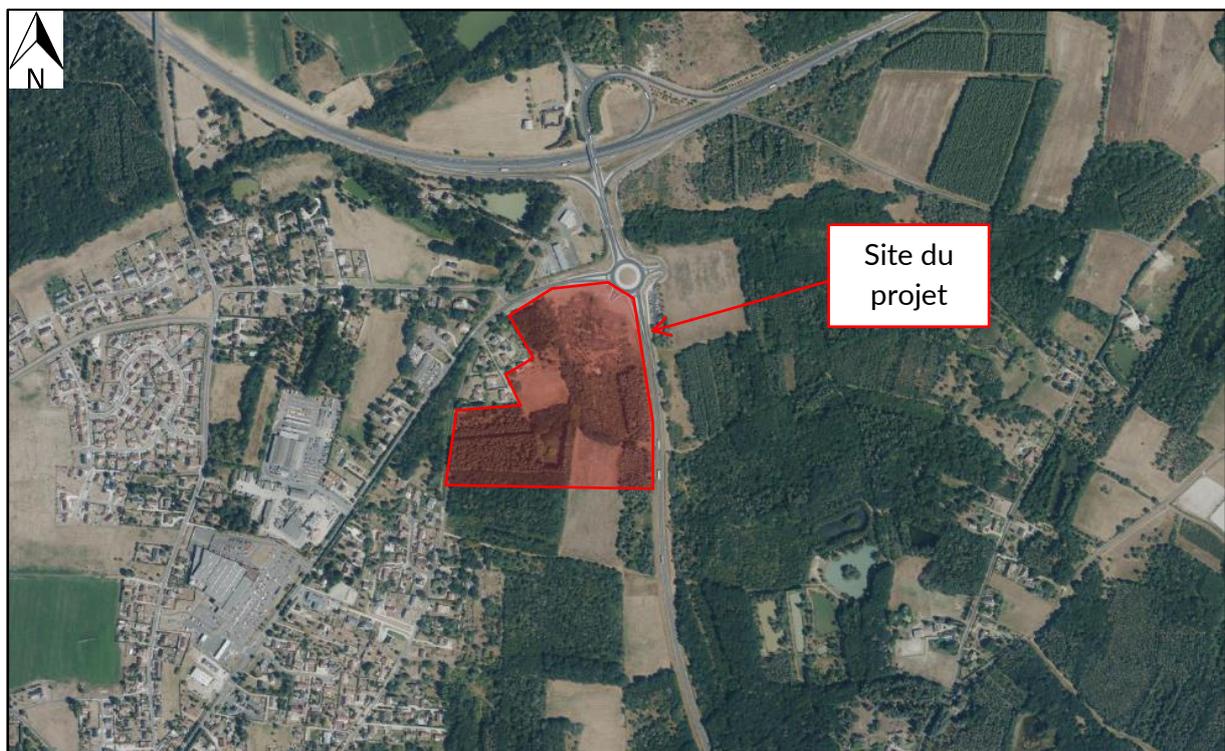


Figure 2 : Localisation du projet (vue aérienne, source geoportail.gouv.fr)

## 1.2.2 Ouvrages existants

Le terrain étudié est libre de toute construction visible. Il s'agit d'un terrain densément enherbé à l'angle Sud/Ouest des deux routes départementales D2460 et D952 qui s'étend sur environ 10 hectares.

Une cour d'eau traverse le terrain.

Le terrain est sensiblement plat, sa cote altimétrique moyenne est entre 121 et 122 m NGF.

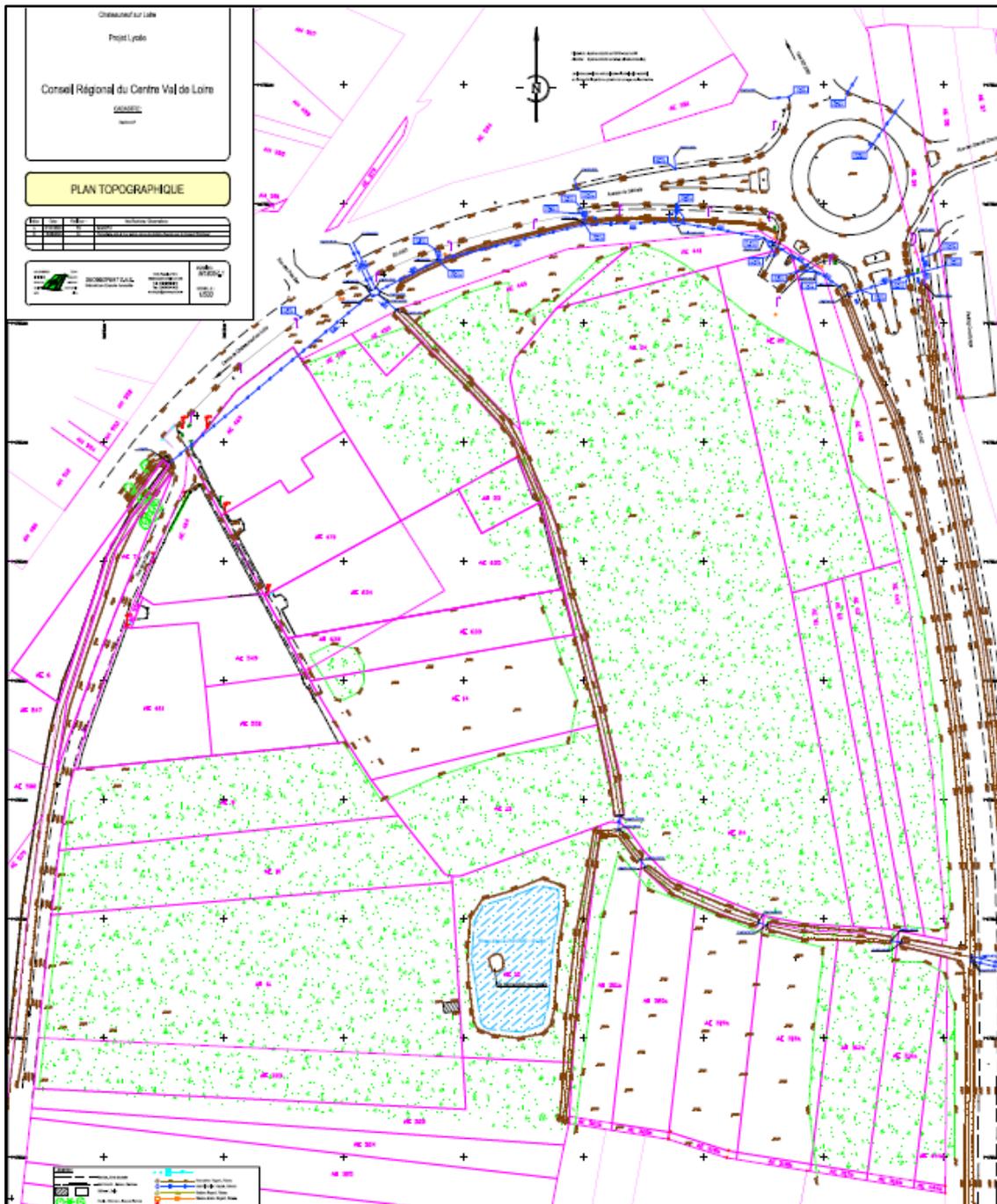


Figure 3 : Plan topographique de l'existant (source CCTP)

## 1.3 Caractéristiques du projet

### 1.3.1 Description du projet

Le projet prévoit la construction d'un lycée composé de 5 bâtiments distincts décomposés par des joints de dilatation permettant un redécoupage des bâtiments par blocs :

- ⇒ Le bâtiment Enseignement de type R+2 sans sous-sol, décomposé en 8 blocs.
- ⇒ Le bâtiment équipements sportifs de type RdC sans sous-sol, décomposé en 2 blocs.
- ⇒ Le bâtiment Internat de type R+2 sans sous-sol, décomposé en 2 blocs.
- ⇒ Le bâtiment Restauration de type RdC sans sous-sol, décomposé en 2 blocs.
- ⇒ Les logements seront composés de 3 bâtiments de type R+1 sans sous-sol.

Le terrain étant relativement plat, le projet sera basé sur un niveau RDC fini à environ 121.50 NGF pour l'ensemble des bâtiments.

Pour les ouvrages de VRD, deux solutions sont possibles pour créer ces plateformes :

- ⇒ Un décaissement général et un apport des matériaux.
- ⇒ Un décaissement général et un traitement de sol en place ayant pour objection d'obtenir une plateforme support type PF2 en limitant l'apport des matériaux.

Les ouvrages extérieurs VRD comprendront la réalisation de plusieurs parking, voiries d'accès VL et PL, allées piétonnes, terrains de sport, aménagements paysagers.

Pour les canalisations, il est prévu la réalisation des réseaux des eaux pluviales et la réalisation des réseaux des eaux usées. Le réseau des eaux pluviales se compose de canalisations de diamètre 1000mm et de canalisations de diamètre 600mm. A ce stade le fond de canalisation est prévu à 1.5m de profondeur par rapport au terrain.



Figure 4 : Repérage 3D des bâtiments projet (source CCTP)



Figure 5 : Plan de repérage des bâtiments et blocs projet (source : CCTP)



Figure 6 : Extrait du plan du RdC projet (source CCTP)

### 1.3.2 Sollicitations d'exploitation du projet et trafics

A ce stade du projet, des hypothèses de descentes de charge nous ont été communiquées dans le cahier des charges comme suit :

Charges maximales à l'ELS (G+Q)	Linéaire (T/ml)	Ponctuelle (T)
Bâtiment Enseignement	34	320
Bâtiment Equipements Sportifs	22	140
Bâtiment Internat	26	145
Bâtiment Restauration	20	135
Bâtiment Logements	13	60

Pour la partie VRD, il a été considéré une plateforme support de type PF2.

## 1.4 Contexte géologique et hydrogéologique

D'après la carte géologique de Châteauneuf sur Loire (éditée par le BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières, échelle 1/50 000) et notre expérience locale, la géologie attendue est la suivante :

- Sables superficiels (FN) ;
- Formation de Sologne (m1).

Compte tenu de l'environnement du site, ces formations peuvent être surmontées par des remblais anthropiques.

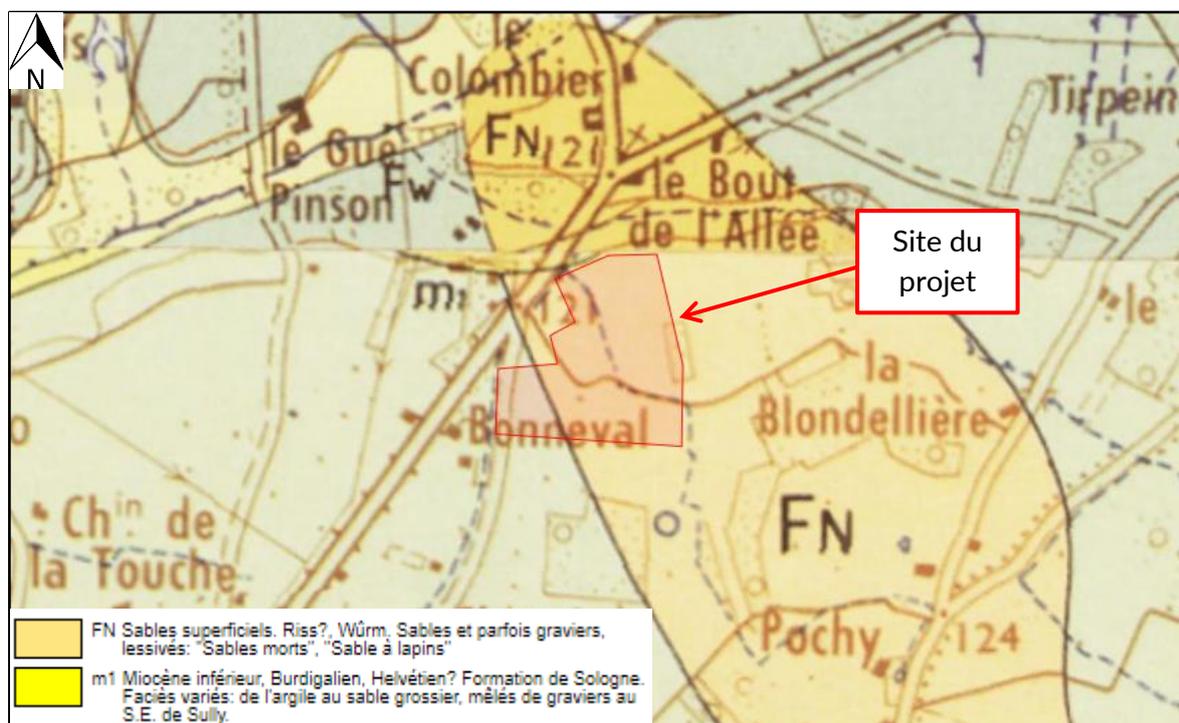


Figure 7 : Carte géologique (source infoterre.brgm.fr)

## 1.5 Aléas et risques naturels

### Risque sismique :

Vis-à-vis de la prévention du risque sismique et au sens des décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, la zone d'implantation du projet se situe en zone 1, soit un aléa très faible.

### Risque retrait-gonflement :

Vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles, le site se trouve en zone d'aléa a priori moyen selon la carte d'aléa consultable sur le site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr).

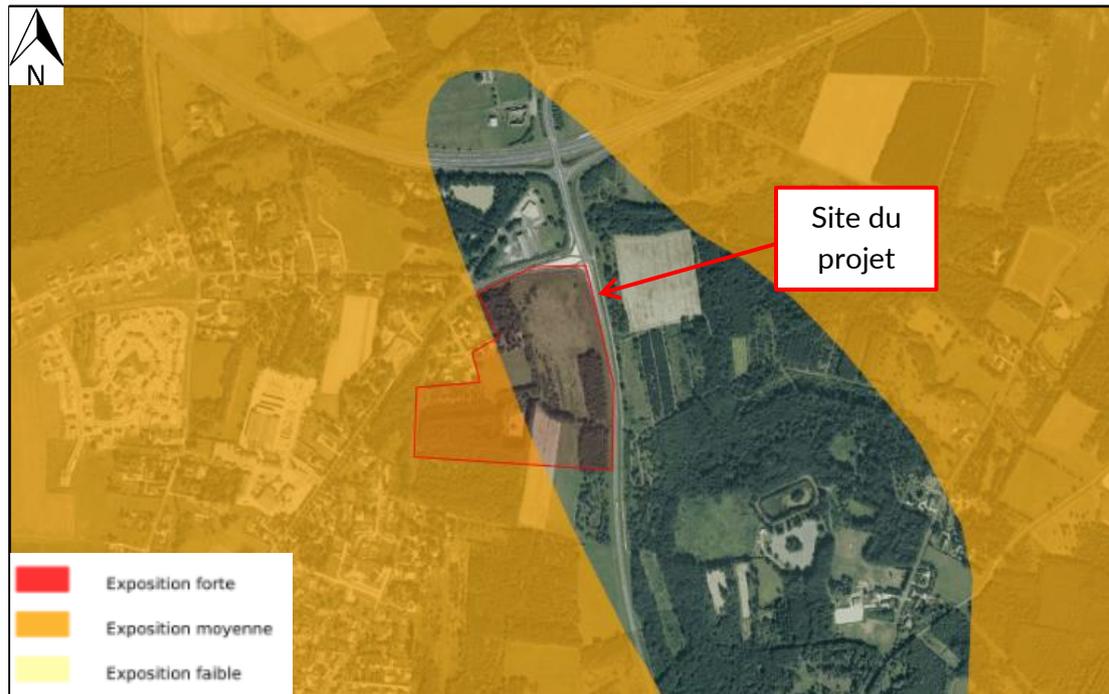


Figure 8 : Carte d'aléa des argiles (source georisques.gouv.fr)

### **Risque de cavités souterraines et de dissolution du gypse :**

Aucune cavité souterraine anthropique n'est référencée à proximité immédiate du site.

### **Risque de remontée de la nappe :**

Vis-à-vis du phénomène de remontées des nappes, le site se trouve en zone potentiellement sujettes aux inondations de cave selon la carte consultable sur le site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr).

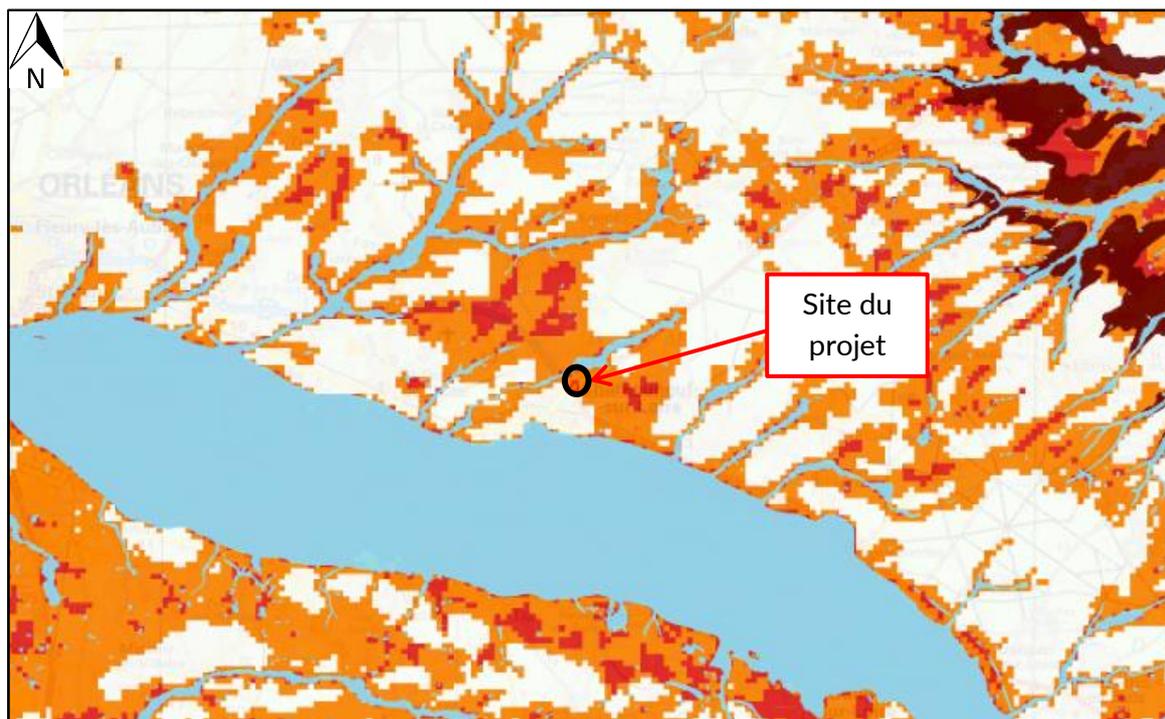


Figure 9 : Carte de phénomène de remontées de nappe (source georisques.gouv.fr)

### **Risque d'inondation :**

Selon le PPRI de la commune Châteauneuf sur Loire à l'échelle 1/10 000, le site se trouve hors zone de risque d'inondation.

## 2 RECONNAISSANCE DES SOLS

### 2.1 Généralités

Les sondages et essais réalisés in situ sont présentés dans les tableaux suivants.

Nos investigations in situ se sont déroulées du 09 mai au premier juin 2023.

Les sondages ont été réalisés avec quatre machines de marque : TERREDO 5.8, TERREDO 4.8, GEO 305 et EMCI 7.5.

Les fouilles ont été réalisées avec une pelle mécanique.

Les coupes de sondages ont été établies à partir des logiciels GEO-LOG4 et EXCEL.

### 2.2 Sondages de reconnaissance

Les sondages de reconnaissance suivants ont été réalisés :

Type de sondage*	N° de sondage	Profondeur atteinte (m/TN)**	Cote altimétrique de la tête du sondage (NGF)***
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>			
Sondage semi-destructif à la tarière de Ø63 mm	SP1 à SP8	6.0	Non relevée
Fouille à la pelle mécanique	PM1 à PM18	2.3/2.5	Non relevée
Sondage carotté Ø100 mm	SC1 à SC3	1.6/2.5	Non relevée
<b>INFRANEO – G2AVP</b>			
Sondage destructif paramétré au tricône de Ø63 mm	SP101+Pz1	25.0	121,6
	SP102	25.5	121,4
	SP103	25.0	121,6
	SP104	25.5	121,6
	SP105	25.4	121,6
	SP106	25.0	121,6
	SP107	25.3	121,7
	SP108	25.2	121,7
	SP109	25.2	121,9
	SP110	25.1	121,9
	SP111	25.0	121,0
	SP112	25.1	121,2
	SP113+Pz2	25.0	121,4
	SP114	25.0	121,6
	SP115	25.0	122,5
Fouille à la pelle mécanique	PM101	2,0	121,2

	PM102	2,0	120,8
	PM103	2,0	120,4
	PM104	2,0	121,5
	PM105	2,0	121,0
	PM106	2,0	121,4
	PM107	2,0	121,5
	PM108	2,0	121,1
	PM109	2,0	121,5
	PM110	2,0	121,7
	PM111	2,0	121,6
	PM112	2,0	122,0
	PM113	2,0	121,9
	PM114	2,0	121,5
	PM115	2,0	121,8
	PM116	2,0	122,5
	PM117	2,0	122,5
	PM118	2,0	121,8
	PM119	2,0	122,1
	PM120	2,0	122,2

*\*sondages implantés en tenant compte des conditions d'accès les jours de notre intervention et en fonction de la précision des plans qui nous ont été remis pour la campagne de reconnaissance géotechnique.*

*\*\*par rapport au niveau du sol les jours de notre intervention*

*\*\*\* relevés X, Y, Z effectués en CC49 -Altimétrie NGF reportés sur les coupes de sondages placées en annexes.*

### **Il est indiqué sur les coupes de forages destructifs paramétrés, les éléments suivants :**

- coupe approximative des sols (les forages étant du type destructif, l'interprétation a été faite uniquement d'après l'examen des cuttings et des paramètres de forages) ;
- diaggraphie des paramètres enregistrés :
  - VIA : vitesse instantanée d'avancement (m/h) ;
  - PO : pression appliquée sur l'outil de forage (bar) ;
  - PI : pression d'injection (bar) ;
  - CR : couple de rotation (bar) ;

Nota : Les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, incident de forage, etc.

## 2.3 Essais mécaniques in-situ

En complément, les essais in situ suivants ont été réalisés :

Type d'essai mécanique in situ	N° de sondage	Nombre d'essais
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>		
Essai pressiométrique - norme NF EN 22476-4	SP1 à SP8	23
<b>INFRANEO – G2AVP</b>		
Essai pressiométrique - norme NF EN 22476-4	SP101 à SP115	240

Type d'essai mécanique in situ	N° de sondage	Profondeur atteinte (m)
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>		
Essai pénétrométrique dynamique de type B - norme NF EN 22476-2	P1 à P17	6.0 ou refus
<b>INFRANEO – G2AVP</b>		
Essai pénétrométrique dynamique de type B - norme NF EN 22476-2	PD101 à PD115	8.0 m ou refus

**Il est indiqué sur les essais au pénétromètre dynamique, les éléments suivants :**

- diagramme de battage (nombre de coups pour un enfoncement de 20 cm) en fonction de la profondeur,
- diagramme donnant la résistance dynamique  $q_d$  (MPa) en fonction de la profondeur et calculée selon la formule des Hollandais.

### Essais pressiométriques :

Les résultats sont portés sur les coupes de forage, avec pour chaque essai :

- module pressiométrique  $E_M$  (MPa) ;
- pression limite nette  $pl^*$  (MPa) ;
- pression de fluage nette  $pf^*$  (MPa) ;
- rapport  $E_M/pl^*$ .

## 2.4 Equipement des sondages

### 2.4.1 Piézométrie

Les sondages notés SP1, SP4, SP101+Pz1 et SP113+Pz2 ont été équipés de tubes PVC piézométriques pour le relevé du niveau statique de la nappe conformément à la norme NF EN2 2475-1. Le détail de ces équipements est repris dans le tableau ci-dessous :

Sondage de référence	Profondeur (m)	Diamètre intérieur (mm)	Hauteur tube plein (m)	Hauteur tube crépiné (m)	Massif filtrant	Type de protection de tête
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>						
SP1	0 à 5.8		Non mentionné			Bouche à clef
SP4	0 à 2.7		Non mentionné			Bouche à clef
<b>INFRANEO – G2AVP</b>						
SP101+Pz1	0.0 à 10.0	52	0 à 1	1 à 10	Gravette 2/4 mm	Tête métallique hors sol
SP113+Pz2	0.0 à 11.0	52	0 à 1	1 à 11	Gravette 2/4 mm	Tête métallique hors sol

Par ailleurs, des sondes piézométriques automatiques ont été installées au droit des piézomètres notés SP101+Pz1 et SP113+Pz2 afin de faire un suivi de la fluctuation de la nappe.

## 2.5 Essais de perméabilité in situ

Dans le cadre de la présente étude, des essais de perméabilité ont été réalisés sur le site. Le détail de ces essais est repris dans le tableau ci-dessous :

Type d'essai de perméabilité in situ	Sondage de référence	Dénomination	Profondeur (m)
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>			
Essai MATSUO	PM1	M1	1.90 à 2.30
	PM5	M5	1.90 à 2.30
	PM12	M12	2.00 à 2.40
	PM18	M18	2.00 à 2.40
<b>INFRANEO – G2AVP</b>			
Essai PORCHET	EP1 à EP5	EP1 à EP5	0.0 à 0.80



## 2.6 Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés :

Identification des sols	Sondage	Nombre	Norme
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>			
Teneur en eau pondérale W		5	NF P 94-050
Analyse granulométrique par tamisage		5	NF P 94-056 (NF EN ISO 17892-4)
Valeur au bleu du sol (VBS)		5	NF P 94-068
Classification des sols (GTR 2000)		5	NF P 11-300
Indice Portant Immédiat (IPI)		5	NF P 94-078
<b>INFRANEO – G2AVP</b>			
Teneur en eau pondérale W	PM102	10	NF P 94-050
Analyse granulométrique par tamisage	PM103 PM105 PM106 PM108	10	NF P 94-056 (NF EN ISO 17892-4)
Valeur au bleu du sol (VBS)	PM110 PM111	10	NF P 94-068
Classification des sols (GTR 2000)	PM113 PM115 PM118	10	NF P 11-300
Essai d'aptitude au traitement	PM101 PM109 PM114 PM117 PM120	5	NF P 94-100

Analyse chimique	Sondage	Nombre	Norme
Mesure de l'agressivité des sols vis-à-vis des bétons, comprenant : - Mesure du dosage en sulfates, mesure de l'acidité Bauman Gully	PM108 PM110 PM111 PM113 PM116	5	EN 206-1
Mesure de l'agressivité de la nappe vis-à-vis des bétons, comprenant : - Mesure du pH, résistivité, cations, anions, titre alcalimétrique (TA/TAC), CO2 agressif	SP101+Pz1 SP113+Pz2	2	EN 206-1



## 3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS

### 3.1 Analyse géologique du site

L'ensemble des résultats permet de dresser la coupe géologique schématique ci-après (sous de la terre végétale d'épaisseur 10 cm environ) :

- H1 : du **sable marron avec graviers**, reconnus jusqu'à 0.5 à 4.0 m de profondeur, soit entre 118.4 et 121.2 m NGF. Il s'agit vraisemblablement des dépôts superficiels/Remblais ;
- H2 : du **sable argileux** marron verdâtre, reconnus jusqu'à 6.6 à 11.7 m de profondeur, soit entre 110.8 et 115.0 m NGF. Il s'agit vraisemblablement des Sables Superficiels ;
- H3 : du **sable** marron gris avec passage verdâtre, reconnus jusqu'à 8.8 à 15.5 m de profondeur, soit entre 105.7 et 112.8 m NGF. Il s'agit vraisemblablement de la Formation de Sologne ;
- H4 : de la **marne sableuse** blanche-grise, reconnue jusqu'à la base de nos sondages, soit vers 25.5 m de profondeur et 95.5 m NGF. Il s'agit vraisemblablement du Calcaire de Beauce.

#### Remarques :

- L'épaisseur des différents horizons peut varier notablement d'un point à un autre du terrain étudié ;
- Les Sables Superficiels et la Formation de Sologne peuvent contenir des blocs durs et de toute dimension ;
- Il est toujours possible, dans un tel environnement, de rencontrer des couches de remblais qui n'auraient pas été mises en évidence dans nos sondages ;
- La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes d'une part à la méthode de forage en destructif et, d'autre part, au caractère aveugle des sondages pénétrométriques ;
- Le type de sondage destructif ne permet pas de caractériser objectivement les remblais et notamment de donner une indication sur les dimensions de blocs éventuels ;
- Rappelons que les coupes de sols établies sur la base des sondages destructifs et semi-destructifs ne sont qu'indicatives en raison de leur mode d'exécution, et que seuls les sondages carottés permettent d'établir une coupe lithologique précise.

### 3.2 Piézométrie – Niveaux d'eau

Des niveaux d'eau ont été relevés entre 1.0 et 1.5 m de profondeur, soit entre 119.9 et 120.6 m NGF au droit des sondages à l'issue de leur réalisation en mai 2023.

Les forages ayant été réalisés avec injection d'eau, les niveaux d'eau relevés ne sont pas stabilisés et sont influencés par les quantités d'eau injectées.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de statuer sur l'existence ou non d'une nappe permanente ou temporaire, ni de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

Un suivi du niveau d'eau dans les piézomètres SP101 et SP113 est actuellement mené par **INFRANEO** afin de connaître ses fluctuations sur une durée de 12 mois. Le niveau des P.H.E (Plus Hautes Eaux) sera déterminé suite à la réalisation d'une étude hydrogéologique spécifique. Les résultats des mesures ainsi effectuées feront l'objet d'une note complémentaire avec les adaptations éventuelles à apporter sur les sujétions de mise hors d'eau du projet.

Il est à rappeler que dans le cadre de la mission G1ES/PGC, un suivi piézométrique sur deux piézomètres a été réalisé. Les niveaux d'eau relevés sont entre 0.55 et 2.55 m de profondeur. Les résultats communiqués sont les suivants :

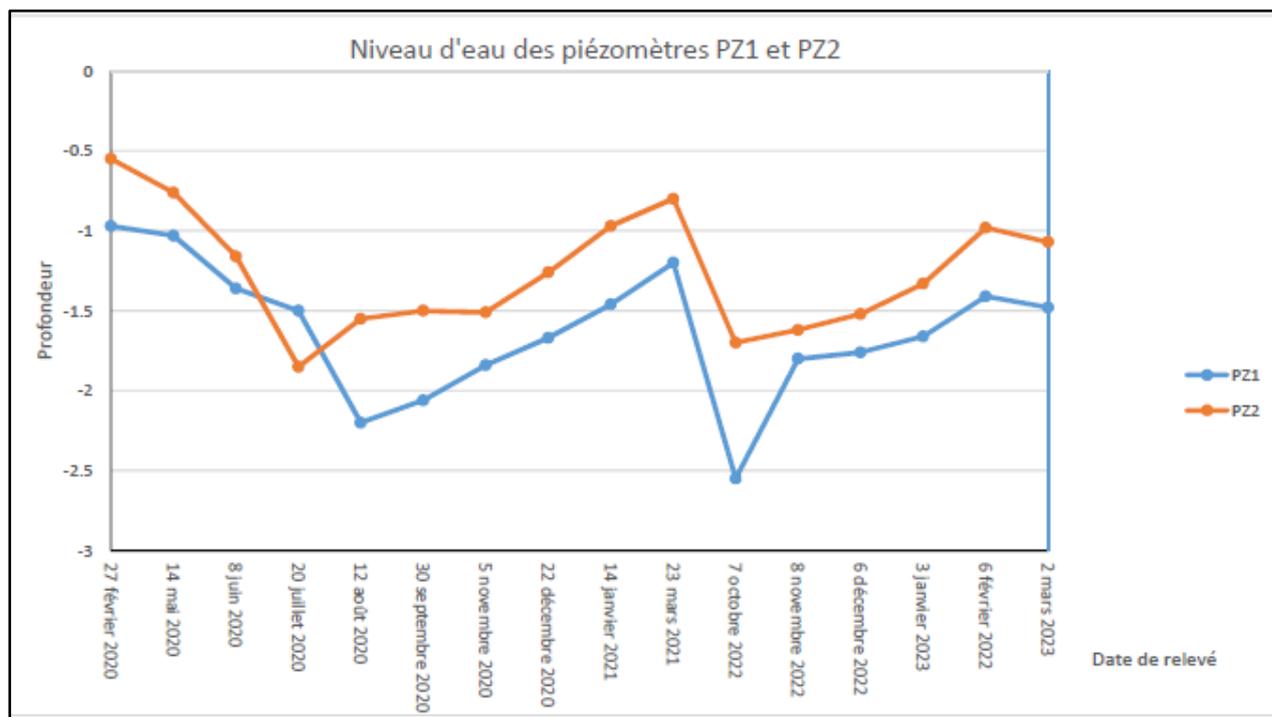


Figure 10 : Graphe du suivi piézométrique du 02/2020 jusqu'à 03/2023 (source : GINGER)

### 3.3 Essais in-situ

#### 3.3.1 Essais pressiométriques

Le tableau qui suit, résume pour chaque faciès testé, les principaux résultats des essais pressiométriques réalisés dans le cadre de la G1ES/PGC par GINGER et dans le cadre de notre présente mission G2AVP, reportés en annexe n°4.

Il convient de rappeler que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter en sondage. De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère représentatif, mais jamais absolu.

Horizon	Base de l'horizon		Nombre d'essais	Pression Limite nette $p_l^*$ (MPa)				Module Pressiométrique $E_M$ (MPa)		
	m/TN	NGF		Min	Max	Moy <sub>ar</sub>	$\sigma$	Min	Max	Moy <sub>ha</sub>
H1 – Dépôt superficiels/Remblai	0.5/4.0	118.4/121.2	11	0.10	0.79	0.37	0.27	0.8	6.2	1.8
H2-1 – Sables Superficiels	4.0/10.0	112.5/117.6	64	0.83	3.29	1.67	0.63	5.5	35.9	12.3
H2-2 – Sables Superficiels moins compacts	6.6/11.7	110.8/115.0	22	0.32	1.53	0.91	0.27	2.4	17.9	8.5
H3 – Formation de Sologne	8.8/15.5	105.7/112.8	56	0.94	4.77	2.64	0.97	7.9	90.0	20.0
H4 – Calcaire de Beauce	25.5**	95.5	71	0.56*	4.85	3.07	0.73	4.8*	200.0	38.9

Moy<sub>ar</sub> : Moyenne arithmétique Moy<sub>ha</sub> : Moyenne harmonique  $\sigma$  : Ecart type

NOTA : l'horizon H2 a été divisé en 2 sous horizons en fonction de ses caractéristiques mécaniques.

\*Un passage décomprimé a été constaté au droit du sondage SP106 entre 15.5 et 18.0 m/TN.

\*\*Fin de sondage.

#### 3.3.2 Essais de pénétration dynamique

Il s'agit d'essais qualitatifs permettant entre autres, de vérifier la résistance du sol, l'homogénéité et la succession des différentes couches connues par ailleurs, la présence d'anomalies éventuelles (couche molle, blocs, vides, etc, ...).

Par ailleurs, les essais pénétrométriques étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

**La consistance pour les sols fins** hors nappe est déterminée d'expérience à l'aide des seuils suivants :

- Plastique ou molle :  $q_d < 2 \text{ MPa}$  ;
- Moyennement compact :  $2 < q_d \text{ (MPa)} < 5 \text{ MPa}$  ;
- Compact :  $q_d > 5 \text{ MPa}$ .

**La consistance pour les sols grenus** est déterminée d'expérience à l'aide des seuils suivants :

- Lâche :  $q_d < 5 \text{ MPa}$  ;
- Moyennement serré :  $5 < q_d \text{ (MPa)} < 15 \text{ MPa}$  ;
- Très serré :  $q_d > 15 \text{ MPa}$ .

Sur la base des pénétrogrammes reportés en annexe n°5, nous retenons les caractérisations moyennes statistiques suivantes :

Horizon	Base de l'horizon (m/TN actuel)	Nombre d'essais	Résistance de pointe $q_d$ (MPa)				Consistance Observations
			Min	Max	Moy <sub>ar</sub>	$\sigma$	
H1 – Dépôt superficiels/Remblai	0.5/1.5	82	1	12	3.6	2.1	Sol lâche
H2-1 – Sables Superficiels	5.2/8.0	419	3	34	12.0	5.9	Sol compact
H2-2 – Sables Superficiels moins compacts	8.0*	97	3	12	6.9	1.7	Sol moins compact

\*Fin de sondage.

### 3.3.3 Essais de perméabilité

Les résultats des essais de perméabilité réalisés ainsi que leur interprétation sont repris dans le tableau suivant :

Sondage	Essai réalisé	Profondeur de l'essai (m/TN)	Nature du terrain testé	Perméabilités mesurées (m/s)
<b>GINGER - G1ES/PGC</b>				
PM1/M1	MATSUO	1.90 à 2.30	Argile sableuse	$6 \times 10^{-5}$
PM5/M5	MATSUO	1.90 à 2.30	Argile sableuse	$7 \times 10^{-5}$
PM12/M12	MATSUO	2.00 à 2.40	Argile sableuse	$6 \times 10^{-5}$
PM18/M18	MATSUO	2.00 à 2.40	Argile sableuse	$5 \times 10^{-5}$
<b>INFRANEO - G2AVP</b>				
EP1	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$1 \times 10^{-5}$
EP2	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable grossier	$1 \times 10^{-4}$
EP3	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$3 \times 10^{-5}$
EP4	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$4 \times 10^{-5}$
EP5	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$5 \times 10^{-5}$

Il s'agit d'essais de perméabilité ponctuels, n'intéressant qu'un volume de sol limité à l'encaissant immédiat de la cavité d'essai. Les valeurs obtenues peuvent donc fortement varier suivant la granulométrie du sol. **Seul un essai de pompage permettra d'estimer une perméabilité en grand du terrain. Ce dernier devra être envisagé dans la phase projet (G2PRO) du projet.**

Les perméabilités mesurées dans le faciès sable argileux sont assez élevées.

La perméabilité du faciès Sables Superficiels peut varier fortement en fonction de sa granulométrie et de son altération.

### 3.4 Essais en laboratoire

#### 3.4.1 Identification des sols

Les résultats complets des essais de laboratoire sont fournis sous forme de fiches et procès-verbaux en annexe n°7.

Les principaux résultats des essais d'identification sont repris dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Profondeur de l'échantillon (m/TN)	Nature du terrain	Résultats			
			w (%)	< 80 mm (%)	VBS	Classe GTR
<b>GINGER – G1ES/PGC</b>						
PM2	0.60 à 0.80	Complexe sableux	11.1	9.6	0.47	<b>B2</b>
PM6	0.65 à 0.75	Complexe sableux	12.7	7.6	0.95	<b>B2</b>
PM8	0.60 à 0.80	Complexe sableux	10.5	10.4	0.48	<b>B4</b>
PM11	0.70 à 0.90	Complexe sableux	11.0	12.2	0.91	<b>B5</b>
PM15	0.60 à 0.80	Complexe sableux	12.5	10.3	0.60	<b>B2</b>
<b>INFRANEO – G2AVP</b>						
PM102	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	3.6	7.0	0.30	<b>B2</b>
PM103	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	9.1	10.9	0.30	<b>B2</b>
PM105	1.00 à 2.00	Sable graveleux marron	10.6	18.2	0.60	<b>B5</b>
PM106	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	5.2	10.0	0.20	<b>B2</b>
PM108	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	16.7	11.2	0.10	<b>B1</b>
PM110	1.00 à 2.00	Sable graveleux marron	9.1	12.7	0.80	<b>B5</b>
PM111	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	10.0	9.3	0.60	<b>B2</b>
PM113	1.00 à 2.00	Sable graveleux marron	12.7	11.7	0.80	<b>B2</b>
PM115	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	12.8	12.5	0.30	<b>B5</b>
PM116	0.00 à 1.00	Sable graveleux marron	5.3	8.2	0.30	<b>B2</b>
PM118	1.00 à 2.00	Sable graveleux marron	13.9	11.6	0.60	<b>B2</b>

### 3.4.2 Etudes de traitement

Les procès-verbaux de l'essai d'aptitude sont reportés en annexe n°5.

Selon le Guide de Traitement du Sol, le pourcentage de chaux et de liant hydraulique à appliquer sur un sol de classe G.T.R **B5** est de **1% CaO et 7% LHR** et pour un sol de classe G.T.R **B2** est de **6% LHR**.

#### ■ Aptitude d'un sol au traitement (NF P 94-100)

Type de traitement	Aptitude au traitement	Paramètres à considérer	
		Gonflement volumique Gv (%)	Résistance en compression Diamétrale RtB (MPa)
Traitement avec LHR ou ciment Essai « accéléré » : 7 jours – 40°	Apte	$Gv \leq 5$	$RtB \geq 0,20$
	Douteux	$5 < Gv \leq 10$	$0,10 \leq RtB < 0,20$
	Inapte	$Gv > 10$	$< 0,10$

Les résultats des essais d'aptitude au traitement sont résumés dans le tableau suivant :

Echantillon	Profondeur (m)	Classe G.T.R	Type de traitement	Gonflement volumique Gv (%)	Résistance en compression diamétrale RtB (Mpa)	Aptitude au traitement
PM101	0.50 à 2.00	B5	1%CaO + 7%LHR	0.51	1.11	<b>APTE</b>
PM109	0.50 à 2.00	B5	1%CaO + 7%LHR	2.77	0.20	<b>APTE</b>
PM114	0.50 à 2.20	B5	1%CaO + 7%LHR	1.18	0.22	<b>APTE</b>
PM117	0.50 à 2.00	B5	1%CaO + 7%LHR	1.42	0.10	<b>DOUTEUX</b>
PM120	0.50 à 2.00	B2	6% LHR	1.67	0.21	<b>APTE</b>

Par rapport à la norme NF P 94-100, les résultats de l'essai d'aptitude au traitement ont mis en évidence que le sol est plutôt **apte au traitement vis-à-vis de la résistance en compression** et du gonflement. Seul l'échantillon PM117 est douteux au traitement vis-à-vis de la résistance en compression

Il est à noter que le traitement sera réalisé sur un sol contenant probablement des blocs décimétriques durs. Le tri et purges des sols en place peut mener à un manque de matériaux pouvant s'avérer nécessaire pour la bonne exécution des travaux.

Le matériel et la procédure de traitement devront prendre en compte le risque de difficultés de malaxage du sol contenant des blocs.

Si le choix de traitement est retenu par le Maître d'Ouvrage et/ou le Maître d'œuvre, une étude de formulation de niveau 1 au sens du guide de traitement des sols devront être réalisée par l'entreprise et suivie dans le cadre d'une mission G4.

Des essais de Proctor normal ont été réalisés sur les échantillons traités, ils mènent aux résultats suivants :

Echantillon	Profondeur (m)	Classe G.T.R	Type de traitement	W opn (%)	pd opn (g/cm <sup>3</sup> )
PM101	0.50 à 2.00	B5	1%CaO + 7%LHR	11.6	1.89
PM109	0.50 à 2.00	B5	1%CaO + 7%LHR	10.5	1.99
PM114	0.50 à 2.20	B5	1%CaO + 7%LHR	12.0	1.93
PM117	0.50 à 2.00	B5	1%CaO + 7%LHR	12.3	1.94
PM120	0.50 à 2.00	B2	6% LHR	8.9	1.94

### 3.4.3 Agressivité des sols et de la nappe vis-à-vis des bétons

Les échantillons de sols et les échantillons de la nappe ont été prélevés à des fins d'analyse en laboratoire concernant l'agressivité des sols et de la nappe vis-à-vis des bétons.

Les analyses sont réalisées pour répondre aux exigences de la norme EN 206-1, comprenant :

- Sur échantillon « Sol » :
  - Mesure du dosage en sulfates,
  - Mesure de l'acidité Bauman Gully.
- Sur échantillon « Eau » :
  - Mesure du pH, résistivité, cations, anions, CO<sub>2</sub> agressif.

Les résultats de ces analyses figurent dans les tableaux ci-après.

#### 3.4.3.1 Analyse sur Sol

Caractéristique chimique	Seuils (Norme NF EN 206-1)		
	XA1	XA2	XA3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg) <sup>a)</sup> total	≥2 000 et ≤ 3 000 <sup>b)</sup>	>3 000 <sup>b)</sup> et ≤ 12 000	>12 000 et ≤ 24 000
Acidité (ml/kg)	>200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

a) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10<sup>-5</sup> m/s peuvent être classés dans une classe inférieure.



b) La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Caractéristique chimique	Résultats obtenus				
	PM108	PM110	PM111	PM113	PM116
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg) <sup>a)</sup> total	<450	<450	<450	<450	<450
Acidité (ml/kg)	69	55	32	38	64

### 3.4.3.2 Analyse sur Eau

Caractéristique chimique	Seuils (Norme NF EN 206-1)			Résultats obtenus	
	XA1	XA2	XA3	Pz1	Pz2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	≥ 200 et ≤ 600	>600 et ≤ 3 000	>3 000 et ≤ 6 000	5.4	4.0
pH	≤ 6.5 et ≥ 5.5	≤ 5.5 et ≥ 4.5	< 4.5 et ≥ 4.0	6.7	7.0
CO <sub>2</sub> agressif (mg/l)	≥ 15 et ≤ 40	> 40 et ≤ 100	> 100 jusqu'à saturation	22	37
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	≥ 15 et ≤ 30	> 30 et ≤ 60	> 60 et ≤ 100	0.13	0.044
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	≥ 300 et ≤ 1 000	>1 000 et ≤ 3 000	> 3 000 jusqu'à saturation	13	1.1



## 4 ESTIMATION DES NIVEAUX DES PLUS HAUTES EAUX SOUTERRAINES

### 4.1 Synthèse des données disponibles

Au vu du contexte géomorphologique, géologique et des résultats de nos investigations au droit projet, il apparait que les niveaux piézométriques relevés au droit du projet correspondent à la nappe des sables superficiels. La présence d'un niveau argileux sous la base des piézomètres GINGER laisse supposer un comportement perché de la nappe mesurés dans les sables superficiels.

D'après les données bibliographiques disponibles sur le SIGES Centre Val de Loire et sur ADES aucun suivi pluriannuel n'est disponible pour ce niveau aquifère (nappe perchée des sables superficiels). Faute de chroniques de données suffisante nous établirons uniquement une estimation des niveaux d'eaux réglementaires à l'aide du suivi annuel en cours sur la nappe des sables superficiels.

### 4.2 Méthodologie

La correspondance avec les niveaux caractéristiques du DTU 14.1 (NF P11-211-1 de mai 2000) « Travaux de bâtiment Travaux de cuvelage Partie 1 : Cahier des clauses techniques » définit les niveaux suivants :

- Le niveau des plus basses eaux « EB » qui donne les actions permanentes ;
- Le niveau des hautes eaux « EH » qui correspond à la crue pouvant se produire au moins une fois tous les 10 ans ;
- Le niveau exceptionnel et conventionnel de l'eau « EE » qui correspond au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles (qu'on retiendra ici comme niveau d'eau centennial).

Par ailleurs, la correspondance avec les niveaux suivants, définis dans l'Eurocode 7 (ANF - AN 4.1) sera également présenté ici :

- EB = niveau des basses eaux ou niveau quasi-permanent. Il est défini comme étant susceptible ;
- EF = niveau fréquent, Il est défini comme étant susceptible d'être dépassé pendant 1% du temps de référence ;
- EH = niveau des hautes eaux ou niveau caractéristique. Il correspond au niveau de période de retour 50 ans.

- EE =niveau des eaux exceptionnelles ou niveau accidentel. Il correspond au niveau où doit être, prévu dans la structure, un dispositif d'écoulement empêchant l'eau d'exercer une action plus haut

En l'absence de piézomètre de référence avec une chronique statistiques pluriannuelle suffisante, les calculs présentés dans cette note tendent à estimer les différents niveaux d'eau définis conformément à la norme DTU-14-1 concernant les travaux de cuvelage de la partie immergée des bâtiments uniquement.

Le niveau actuel de la nappe phréatique peut remonter en raison des trois facteurs suivants :

- Le battement interannuel de la nappe phréatique, en fonction de l'infiltration des eaux de pluie ;
- L'arrêt éventuel de pompages (captages d'eau potable, industriels, parkings souterrains, épuisement de fouille dans le cadre de travaux de génie civil, etc.) dans les environs (ou à distance) du site étudié ;
- La propagation d'une onde de crue dans les terrains aquifères.

Le niveau maximum ( $N_{max}$ ) de la nappe prévisible à terme est donné par la formule suivante :

$$N_{EH} = N_{actuel} + B + R + A$$

Avec :

$N_{actuel}$  : niveau de la nappe actuel

$B$  : battement saisonnier et interannuel de la nappe dû à la recharge par infiltration des eaux de pluies

$R$  : remontée de la nappe induite par l'arrêt éventuel des pompages environnants

$A$  : amplitude d'une onde de crue au droit du site

Compte tenu de l'éloignement du site par rapport à la Loire, des piézomètres GINGER ne recoupant pas les alluvions abritant une nappe en connexion avec la Loire, nous considérerons que la nappe perchée dans les sables superficiels n'est pas sujet aux crues. Les éventuelles remontées de nappe par effet de propagation d'ondes de crue ( $A$ ) ne seront donc pas prises en compte.

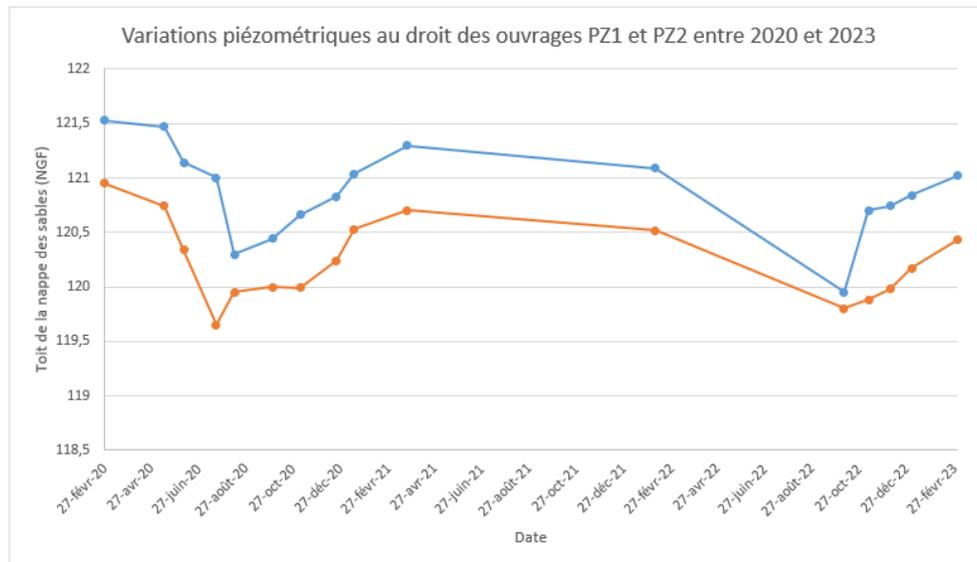
Le niveau maximum de la nappe prévisible à terme est donc déterminé par l'équation simplifiée suivante :

$$N_{EH} = N_{actuel/base} + B + R$$



### 4.3 Niveau actuel de la nappe ( $N_{\text{actuel}}$ )

Les différents relevés effectués entre 2020 et 2023 dans le cadre des missions géotechniques G1 (GINGER) et G2 (INFRANEO) sont présentés dans le graphique ci-dessous :



Ces relevés montrent une cote piézométrique plus élevée en PZ1 situé plus haut topographiquement qu'en PZ2 situé plus bas. Ces observations confirment la présence d'un gradient hydraulique suivant la topographie de site.

Le niveau de base moyen sur les 2 piézomètres suivis varie autour d'une cote moyenne à +119.8 NGF.

Pour la suite de cette étude, nous retiendrons :

$$N_{\text{actuel}/\text{base}} = 119.8 \text{ N.G.F.}$$

### 4.4 Battement saisonnier et interannuel de la nappe (B)

Les battements saisonniers et interannuels de nappe sont liés à la recharge de la nappe par la pluie utile (quantité d'eau fournie par les précipitations qui reste disponible pour la réalimentation de la nappe après évapotranspiration et ruissellement).

Les battements de la nappe résultent donc de la différence entre les niveaux exceptionnels enregistrés au cours du suivi et les niveaux actuellement mesurés.



Nous retiendrons donc (à partir des données partielles obtenus) :

$$B = 1.6 m$$

Cette valeur correspond au battement maximal observé en PZ1.

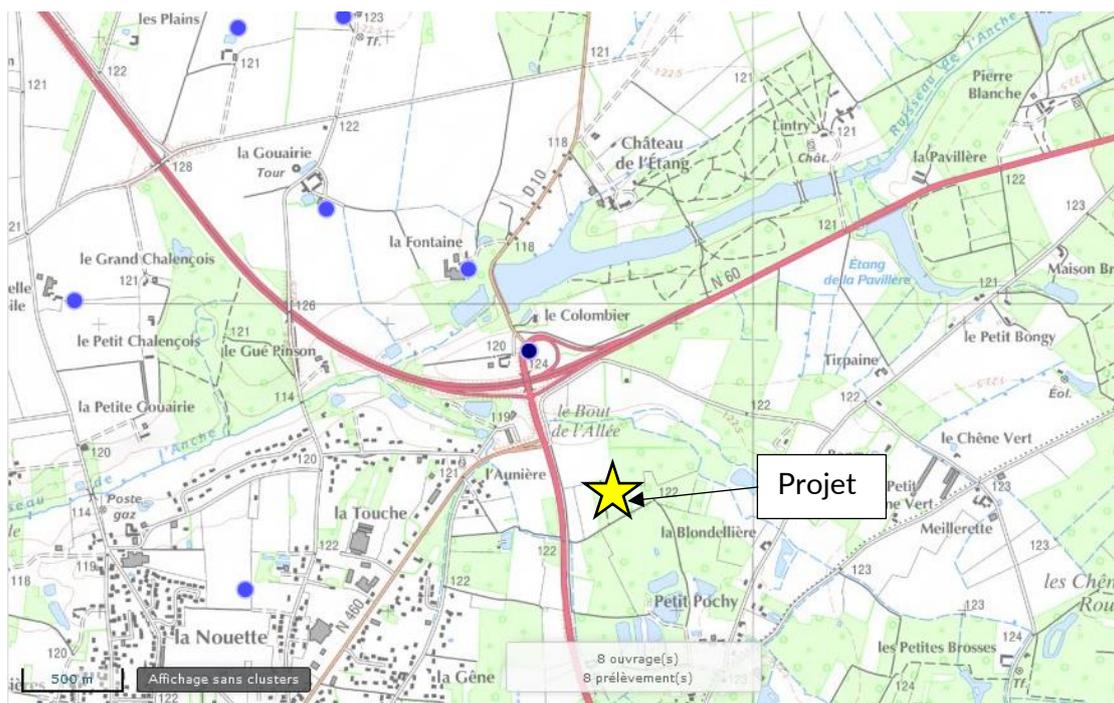
#### 4.5 Influence des pompages voisins (R)

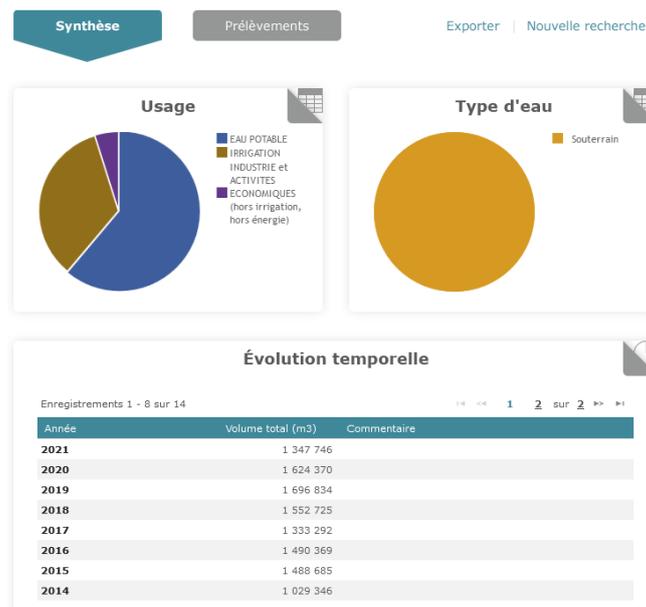
Les prélèvements sont généralement de trois types : pompages industriels, pompages d'alimentation en eau potable (AEP) et pompages de mise hors d'eau des sous-sols et de drainage (géothermie, parking souterrains et stations souterraines). Les informations sur les pompages éventuels aux alentours du site ont été recherchées :

- Auprès de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN), qui recense les pompages déclarés par les industriels, les collectivités et les agriculteurs,
- Auprès de l'Agence Régionale de Santé de la Seine-Saint-Denis (ARS), qui recense notamment les captages d'eau pour la consommation humaine.

D'après les informations disponibles sur la BNPE, il existe 8 points de prélèvements d'eau recensés dans un rayon d'1 km autour du site d'étude correspondant majoritairement à des prélèvements d'adduction d'eau potable.

Remarque : Au vu de cette information nous avons vérifié la cartographie nationale des périmètres de protection de captages (ARS). Le projet ne se situe pas dans un périmètre de protection de captage.





D'après l'évolution temporelle sur ces points, renseignée dans la BNPE, on ne remarque pas de diminution significative des prélèvements ayant pu provoquer une élévation globale des niveaux de nappe. De plus, la coupe des ouvrages recensés dans la Banque du Sous-Sol montre que ces ouvrages captent préférentiellement la nappe de Beauce située sous les formations quaternaire.

**Ainsi nous retiendrons  $R = 0$  m**

## 4.6 Conclusion

Nous rappelons que :

$$N_{EH} = N_{actuel/base} + B + R$$

Avec :

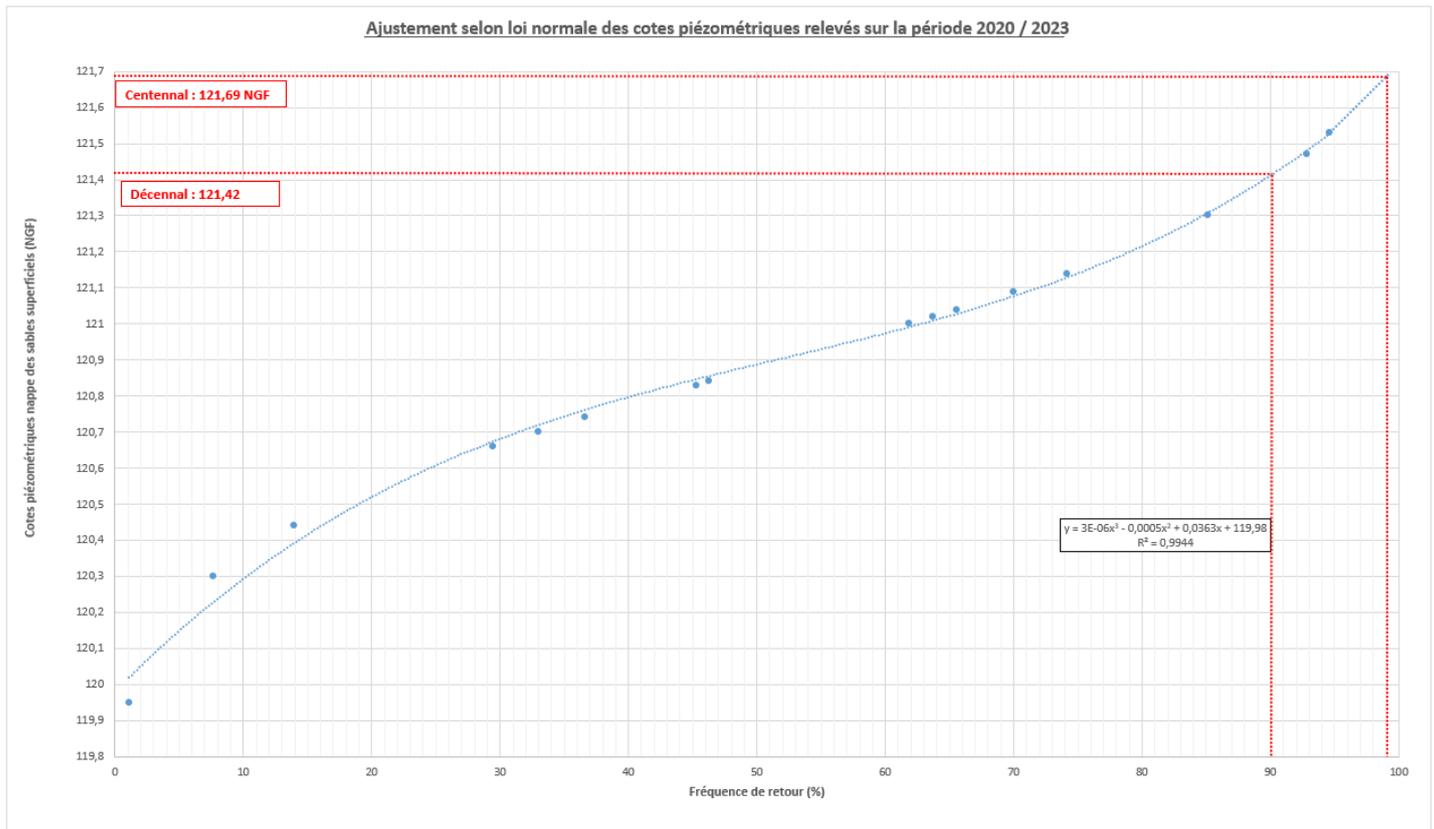
$$N_{actuel} = 119.8 \text{ N.G.F.}$$

$$B = 1.6 \text{ m}$$

$$R = 0 \text{ m}$$

Ainsi en première approche le niveau EH est évalué à la cote +121.4 NGF.

Pour confirmer cette cote nous avons réalisé un ajustement statistique selon la Loi Normale des cotes maximales observées pendant le suivi.



On retrouve une cote décennale (EH selon le DTU 14.1) de l'ordre de + 121.4 NGF

Le suivi piézométrique réalisé et son analyse statistique permet ainsi d'obtenir une première estimation des cotes de niveaux des plus hautes eaux suivants :

Cote EB (m NGF)	Cote EH décennale (m NGF)	Cote EE centennale (m NGF)
119.8	121.4	121.7

## 5 SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

### 5.1 Synthèse lithologique

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des données pour chaque sondage et par zone d'homogénéité :

Horizon / Sondage		SP101	SP102	SP103	SP104	SP105	SP106	SP107	SP108	SP109	SP110	SP111	SP112	SP113	SP114	SP115
H1 : Dépôt superficiel / Remblais	P	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	C	121.6	121.4	121.6	121.6	121.6	121.6	121.7	121.7	121.9	121.9	121.0	121.2	121.4	121.6	122.5
	E	1.6	3.0	2.0	3.0	0.5	1.7	1.0	0.5	1.0	1.6	1.2	1.2	1.4	1.6	4.0
H2-1 : Sables Superficiels	P	1.6	3.0	2.0	3.0	0.5	1.7	1.0	0.5	1.0	1.6	1.2	1.2	1.4	1.6	4.0
	C	120.0	118.4	119.6	118.6	121.1	119.9	120.7	121.2	120.9	120.3	119.8	120.0	120.0	120.0	118.5
	E	2.4	7.3	4.2	2.9	4.5	3.5	5.0	3.5	4.7	4.6	5.5	3.7	6.1	6.4	6.0
H2-2 : Sables Superficiels moins compacte	P	4.0		6.2	5.9	5.0	5.2	6.0	4.0	5.7	6.2	6.7	4.9	7.5	8.0	10.0
	C	117.6	-	115.4	115.7	116.6	116.4	115.7	117.7	116.2	115.7	114.3	116.3	113.9	113.6	112.5
	E	2.2		2.0	1.6	2.0	2.7	2.3	3.9	2.8	3.6	1.3	2.3	2.7	2.2	1.7
H3 : Sables de Sologne	P	6.6	10.3	8.2	7.5	7.0	7.9	8.3	7.9	8.5	9.8	8.0	7.2	10.2	10.2	11.7
	C	115.0	111.1	113.4	114.1	114.6	113.7	113.4	113.8	113.4	112.1	113.0	114.0	111.2	111.4	110.8
	E	2.2	5.0	6.8	4.0	4.8	4.6	6.7	4.6	5.7	5.2	6.0	8.3	5.3	5.3	2.5
H4 : Calcaire de Beauce	P	8.8	15.3	15.5	11.5	11.8	12.5	15.0	12.5	14.2	15.0	14.0	15.5	15.5	15.5	14.2
	C	112.8	106.1	106.6	110.1	109.8	109.1	106.7	109.2	107.7	106.9	107.0	105.7	105.9	106.1	108.3
	E	12.9	10.2	10.0	14.0	13.6	12.5	10.2	12.7	11.0	10.1	11.0	9.6	9.5	9.5	10.8

Avec : P : profondeur du toit de la couche en m  
 C : cote NGF du toit de la couche  
 E : épaisseur de la couche en m

Il convient de rappeler que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter en sondage. **De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère représentatif, mais jamais absolu.**

## 5.2 Synthèse et analyse géomécaniques

### 5.2.1 Synthèse

Les caractéristiques qui pourront être retenues dans les calculs au stade de l'avant-projet sont présentées dans le tableau suivant :

Horizon	Base de l'horizon		Résistance de pointe qd (MPa)	Pression Limite nette pl* (MPa)	Module Pressiométrique E <sub>M</sub> (MPa)	Coefficient rhéologique α
	m/TN actuel	NGF				
H1 – Dépôt superficiels/Remblai	0.5/4.0	118.4/121.2	4.0	0.15	1.8	0.67
H2-1 – Sables Superficiels	4.0/10.0	112.5/117.6	12.0	1.25	12.3	0.67
H2-2 – Sables Superficiels moins compacts	6.6/11.7	110.8/115.0	7.0	0.48	8.5	0.67
H3 – Formation de Sologne	8.8/15.5	105.7/112.8	-	2.16	20.0	0.50
H4 – Calcaire de Beauce	25.5**	95.5	-	2.71	38.9	0.50

Pour la pression limite, il a été retenu la moyenne arithmétique diminuée d'un demi écart type arrondie, limitée à 1.5 fois la plus petite valeur (sauf pour le Calcaire de Beauce où la valeur n'a pas été limitée à 1.5 fois la plus petite valeur qui présente un passage décomprimé au droit du sondage SP106).

Pour le module pressiométrique, il a été retenu la moyenne harmonique arrondie.

Pour la résistance de pointe qd, il a été retenu la valeur moyenne arithmétique.

### 5.2.2 Analyse

- ↳ Les Remblais sont rencontrés sur une faible épaisseur, soit entre 0.5 et 2.0 m/TN au droit de la plupart des sondages. Des surépaisseurs de dépôt superficiels/Remblais de caractéristiques mécaniques médiocres ont été rencontrés au droit des sondages SP115 (4.0 m/TN), SP104 (3.0 m/TN) et SP102 (3.0 m/TN). Ils ne constitueront donc pas un horizon d'assise adéquat pour les ouvrages à fonder.

- ↪ La formation des Sables Superficiels a été subdivisée en deux sous-couches vis-à-vis des caractéristiques mécaniques. La première sous-couche présente des caractéristiques moyennes à élevés et la deuxième sous-couche présente des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes.
- ↪ La Formation de Sologne et du Calcaire de Beauce présentent des caractéristiques mécaniques élevées à très élevées.
- ↪ Les sols sont sensibles aux variations hydriques en termes de portance et peuvent poser des problèmes de traficabilité en phase travaux.
- ↪ Les sols du site comportent des remblais qui, compte tenu de leur qualité, constituent un sol pouvant être considéré comme évolutif et compressible. Ils sont impropres à toute construction (à la réalisation du projet).
- ↪ Les sols du site comportent des matériaux sensibles aux phénomènes de retrait gonflement qui obligent à rechercher une adaptation de l'ouvrage, prenant en compte ce risque de mouvements dus aux variations hydriques.

### 5.3 Hydrogéologie

D'après l'étude NPHE réalisée dans le cadre du projet, en se basant sur le suivi piézométrique réalisée par GINGER (phase préalable), les côtes de niveaux des plus hautes eaux sont les suivants :

- EB = 119.8 m NGF ;
- EH décennale = 121.4 m NGF ;
- EE centennale = 121.7 m NGF.

Il est à rappeler qu'à ce stade, le projet ne prévoit pas de niveau enterré et le niveau bas du RDC fini est environ à 121.50 m NGF pour l'ensemble des bâtiments. La présence de cette nappe devrait être prise en compte lors de l'exécution des fondations.

**NOTA :** dans le cas où la conception du projet change et un niveau de sous-sol sera prévu, la présence de cette nappe devra être prise en compte dans la définition du projet, en fonction du niveau de protection choisi par le maître d'ouvrage.

#### 5.4 Protection des ouvrages vis-à-vis de l'agressivité de l'eau et des sols

Sur les 5 échantillons de sol prélevés et sur les 2 échantillons de nappe, les résultats des analyses montrent des taux inférieurs aux seuils fixés par la norme EN 206-1.

En conséquence, et suivant le résultat des mesures d'agressivité du sol et de la nappe vis-à-vis du béton, aucune exigence particulière n'est à priori, à entreprendre sur la formulation du béton (classe d'environnement inférieur à XA1).

#### 5.5 Sols sensibles au retrait - gonflement

Les argiles rencontrées sur le site appartiennent ou risquent d'appartenir à la catégorie des sols gonflants et/ou rétractables.

Il conviendra de rechercher les dispositions constructives suivantes :

- ↪ **Rigidification** du niveau bas (la rigidité maximale dans le sens de la plus grande pente),
- ↪ **Coulage** des fondations **à pleine fouille sur toute la hauteur** et protection des longrines,
- ↪ Mise **hors dessiccation** du sol de fondation à assurer par un encastrement suffisant par rapport aux niveaux finis extérieur (1.2 m minimum), et intérieur. On notera que la profondeur de la dessiccation est une donnée très approximative au stade actuel des connaissances scientifiques,
- ↪ Vide sanitaire à préférer au dallage sur terre-plein ou un dallage porté sur coffrage perdu dégradable (type Biocofra ou équivalent), renforcé en armatures vis-à-vis des pressions de gonflement, et associé à des dispositions constructives annexes (cloisons arrêtées à quelques centimètres du plafond, revêtements souples ou flottants à privilégier, etc.),
- ↪ Eviter tout épandage d'eau à proximité de la construction,
- ↪ Entourer les façades par un étanchement de surface suffisamment large pour éviter les infiltrations jusqu'au niveau des fondations (en particulier par les remblais) ou jusqu'au vide sanitaire s'il existe, aucun arbre de haute tige à une distance inférieure à 1.5 fois la hauteur de l'arbre adulte.

## 6 RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES

### 6.1 Textes règlementaires

Les textes réglementaires suivants ont été utilisés pour définir les pré-dimensionnements et recommandations fournis :

- ✓ Eurocode 7 - Partie 1 – « Calcul géotechnique – Règles générales »,
- ✓ NF P 94-261 – Calcul Géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013) / Eurocode 7
- ✓ GTR.
- ✓ Le guide technique de réalisations des remblais et des couches de forme SETRA&LCPC 2000 (GTR 2000).

### 6.2 Terrassements généraux et ponctuels

Le projet sera basé sur un niveau RDC fini à environ 121.50 NGF pour l'ensemble des bâtiments. A ce stade de l'étude aucun niveau de sous-sol n'est prévu.

Les terrassements prévus consisteront en un simple reprofilage du site ne nécessitant ni déblai ni remblai de hauteur supérieure à 0.50 m.

Dans le cas où le déblai dépasse les 0.50 m de profondeur, la nappe phréatique pourra être interceptée, ce qui nécessitera des dispositions particulières d'épuisement à dimensionner dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique.

#### 6.2.1 Traficabilité en phase travaux

Les essais d'identification ont permis de classer les sols extraits comme :

- ✓ Horizon H1 : classe G.T.R. B1/B2/B5

Il s'agit donc de sols sensibles à l'eau.

En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, cet état hydrique peut varier sensiblement et les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent évoluer fortement.

Au droit des bâtiments et des voiries, l'état de la plate-forme au niveau prévu sera de qualité médiocre voire totalement décomprimé en cas d'intempéries ce qui posera d'importants problèmes de traficabilité. Les travaux préparatoires pourront être ceux qui seront à réaliser pour mettre en place correctement la couche de forme (cf paragraphe : niveau bas dallage).

### 6.2.2 Drainage en phase travaux

La présence de venues d'eau à faible profondeur et la qualité médiocre des sols superficiels nécessitent de procéder à un drainage dès le démarrage du chantier (rigoles, épi, épuisement périphérique).

**NOTA :** Dans le cas où un sous-sol sera prévu, les terrassements en déblai recouperont la nappe phréatique, ce qui nécessitera un rabattement de nappe préalable. Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer à tout moment la mise au sec de la plate-forme.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique, si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

### 6.3 Présence d'eau et protection envisagée

Dans le cas où un niveau d'eau sera intercepté, on pourra envisager un pompage en fond de fouille. Pour éviter des pompages importants en fond de fouille, les travaux devront être réalisés en période de nappe basse.

Le niveau d'eau dans les sols est susceptible de remonter fortement en période pluvieuse ou lors de l'arrêt d'éventuels puits de pompage dans le secteur.

Les eaux pompées devront être évacuées vers un exutoire suffisamment dimensionné.

Un rejet des eaux dans le milieu naturel pourra faire l'objet d'une demande d'autorisation particulière associée à des taxes de rejet.

Par ailleurs, toutes les dispositions seront prises pour limiter le départ de fines lors des éventuels travaux de pompage, notamment en cas de présence d'ouvrage mitoyens existants.

Dans le cas où un sous-sol sera prévu, en fonction du niveau bas du projet et de sa partie enterrée ainsi que le degré de protection souhaité par le Maître d'Ouvrage, il pourra être envisageable les solutions suivantes :

- ↳ Cuvelage étanche jusqu'à la cote de référence limitée par le maître d'ouvrage/maître d'œuvre (rappelons que le D.T.U. 14-1 concernant les cuvelages fait l'obligation de prévoir le cuvelage jusqu'à 0.5m minimum au-dessus du niveau de référence). Le plancher bas devra être dimensionné pour reprendre les efforts de sous-pression hydrostatiques (avec ancrage par des micropieux si nécessaire),

- ↪ Dans l'hypothèse où l'on accepte la possibilité d'une inondabilité du sous-sol, mise en place de barbacanes au-dessus du cuvelage, récupération des eaux à l'intérieur de l'ouvrage et évacuation vers un exutoire adapté sous réserve de l'accord des services compétents concernés,
- ↪ Dans le cas contraire, installation d'un système de récupération et d'évacuation des eaux fonctionnant lorsque le niveau prévu risque d'être atteint.

En tout état de cause, quel que soit le système choisi, il faut prendre en compte pour le calcul des sous-pressions, non pas le niveau dynamique de la nappe après rabattement mais le niveau statique avant rabattement.

En cas de réalisation d'un joint de construction ou de dilatation, il faudra mettre en place, entre les deux parties de l'ouvrage un joint étanche de type water-stop.

#### 6.4 Estimation du débit prévisionnel du pompage

Le rabattement de la nappe devra être mené jusqu'à 0.5 m sous la base des terrassements.

D'après le suivi piézométrique réalisé sur 12 mois par GINGER dans le cadre de la G1ES/PGC, le niveau des plus hautes eaux relevé entre 2020 et 2023 est de 121.5 m NGF. Nous retiendrons cette valeur pour le calcul des débits de rabattement.

Le calcul suivant est approximatif, il convient de réaliser un calcul de débit plus précis dans le cadre de la mission G2PRO suite à la réalisation de l'étude NPHE et aux essais de pompage.

Dans ce qui suit, la fouille est supposée être réalisée avec un talutage de 3H/2V.

##### **Dans le cas de la réalisation d'un sous-sol :**

D'après les informations communiquées, le débit est calculé dans le cas de la réalisation d'un sous-sol enterré de 3.0 m/TN, soit une fouille de 28 m x 20 m x 3.0 m.

Le débit de pompage à prévoir est donné par la formule suivante :  $q = 2,5 \cdot k \cdot H \cdot \sqrt{S}$

Avec :

H : la perte de charge globale entre l'amont et l'aval (3.0+0.5 = 3.5 m) ;

S : la surface périmétrique mouillée de la fouille tenant en compte le talutage (560+2\*28\*5.4+2\*20\*5.4 ≈ 1079 m<sup>2</sup>) ;

K : en première approximation, la perméabilité du terrain prise égale à 10<sup>-4</sup> m/s (valeur défavorable d'après les essais de perméabilité).

Par application numérique, on obtient :

$$q = 103 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il faudra prévoir une pompe de minima 110 m<sup>3</sup>/h dans le cas où un sous-sol sera prévu.

### **Pompage en fond de fouille (en absence de sous-sol) et en cas de fondations superficielles :**

Pour une fouille de 3.0 x 3.0 x 3.0 m<sup>3</sup>, le débit de pompage à prévoir est donné par la formule suivante :  $q = 2,5 \cdot k \cdot H \cdot \sqrt{S}$

Avec :

H : la perte de charge globale entre l'amont et l'aval (3.0+0.5 = 3.5 m) ;

S : la surface périmétrique mouillée de la fouille tenant en compte le talutage (9+2\*3.0\*5.4+2\*3.0\*5.4 ≈ 74 m<sup>2</sup>) ;

K : en première approximation, la perméabilité du terrain prise égale à 10<sup>-4</sup> m/s (valeur défavorable d'après les essais de perméabilité).

Par application numérique, on obtient :

$$q = 27 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il faudra prévoir une pompe de minima 30 m<sup>3</sup>/h pour pomper l'eau en fond de fouille.

### **Pompage en fond de fouille - canalisation :**

Pour une tranchée de 10.0 x 2.0 x 2.0m<sup>3</sup>, le débit de pompage à prévoir est donné par la formule suivante :  $q = 2,5 \cdot k \cdot H \cdot \sqrt{S}$

Avec :

H : la perte de charge globale entre l'amont et l'aval (2.0+0.5 = 2.5 m) ;

S : la surface périmétrique mouillée de la fouille tenant en compte le talutage (20+2.0\*3.0\*10.0+2\*3.0\*2.0 ≈ 92 m<sup>2</sup>) ;

K : en première approximation, la perméabilité du terrain prise égale à 10<sup>-4</sup> m/s (valeur défavorable d'après les essais de perméabilité).

Par application numérique, on obtient :

$$q = 21.58 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il faudra prévoir une pompe de minima 25 m<sup>3</sup>/h pour pomper l'eau en fond de fouille.



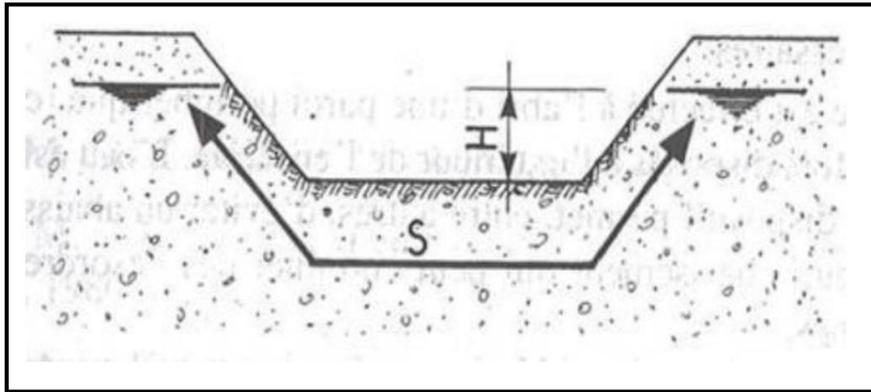


Figure 11 - Schéma explicatif pour calcul du débit sous un écran avec fouille

Une étude consistant en une première approche de la piézométrie et des rayons d'action des pompages en fouille est fournie en annexe n°8.

## 6.5 Principe de fondation

Compte tenu des éléments précédents, et pour le projet décrit ci-avant, il pourra être envisagé les principes constructifs suivants :

### ↳ Système de fondations :

- Fondations superficielles par appuis isolés/continus, ancrés dans l'horizon H2-1-Sables Superficiels, reconnu à partir de 0.5 à 4.0 m de profondeur par rapport au terrain naturel actuel.

Tenant compte d'un niveau d'eau proche de la surface, il pourra être prévu une solution de fondations profondes.

## 6.6 Justification des fondations superficielles

### 6.6.1 Définition des fondations

Compte-tenu des résultats de nos investigations, il est possible d'envisager un système de **fondations superficielles de type semelles continues ou massifs isolés** ancrés de 0.30 m minimum dans les Sables Superficiels observés à partir de 0.5 à 4.0 m/TN et encastrées au minimum de 1.2 m par rapport au terrain fini extérieur.

### 6.6.2 Règlements utilisés

Les recommandations et justifications des prédimensionnements ont été faites conformément à la norme NF P 94-261, norme d'application française de l'Eurocode 7 pour les fondations superficielles.

### 6.6.3 Etats limites de résistance du sol

La contrainte de rupture  $q_{net}$  sous la base des fondations est donnée par la formule :

$$q_{net} = i_{\delta} \cdot i_{\beta} \cdot k_p \cdot p_{le}^*$$

avec :

- $i_{\delta}$  : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement ( $i_{\delta} = 1$  si la charge est verticale),
- $i_{\beta}$  : coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus  $\beta$ , ( $i_{\beta} = 1$  si la fondation est suffisamment éloignée d'un talus :  $d > 8B$ ),
- $k_p$  : facteur de portance (pris égal à 0.8 en première approximation),
- $p_{le}^*$  : pression limite nette équivalente  $\approx 1250$  kPa.

Par application numérique, on obtient :

<b><math>q_{net} = 1000</math> kPa</b>
--

Les valeurs de résistance nette du terrain sous les fondations superficielles se déduisent selon la relation suivante :

$$R_{v,d} = A' \cdot q_{net} / (\gamma_{R;d,v} \cdot \gamma_{R;v})$$

avec :

- $A'$  : surface effective de la base de la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d,v}$  : coefficient partiel de modèle associé à la méthode de calcul utilisée pour la détermination de  $q_{net}$  (ici, il s'agit de la méthode pressiométrique),
- $\gamma_{R;v}$  : coefficient partiel permettant le calcul de la portance.

Etat limite	Situations	$\gamma_{R;d,v}$ (spécifique à la détermination de $q_{net}$ à partir de la pression limite pressiométrique)	$\gamma_{R;v}$
ELU	durables et transitoires	1.2	1.4
	accidentelles	1.2	1.2
ELS	quasi-permanentes	1.2	2.3
	caractéristiques	1.2	2.3

Selon de la norme NF P94-261, il faudra s'assurer que :

$$R_{v,d} \geq V_d - R_0$$

$R_0$  Poids du volume de sol au-dessus de la fondation après travaux (= 0 en négligeant l'encastrement).

$V_d$  : descente de charge.

### Contraintes à retenir en phase avant-projet :

Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Contraintes admissibles maximales $R_v; d/A'$ (kPa)	595	695	360	360

Lorsque les semelles sont soumises à des efforts inclinés, il convient de tenir compte du coefficient de réduction de portance  $i_s$ , calculé à l'aide de la formule de l'annexe D de la norme NF P 94-261 pour des sols au comportement *à la fois frottant et/ou cohérent*. Pour les caractéristiques de résistance au cisaillement du sol d'assise des fondations, on retiendra :  $c' = 0$  kPa et  $\varphi' = 25^\circ$ .

### Ebauche dimensionnelle des fondations :

Sur la base des descentes des charges communiquées, ci-dessous quelques exemples de pré-dimensionnement des fondations :

Exemple	Fondation linéaire de 1.0 m de large ancrée dans l'horizon H2-1			
Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Charges admissibles verticales centrées $R_v; d$ (T/ml)	60	70	36	36

Exemple	Fondation linéaire de 0.8 m de large ancrée dans l'horizon H2-1			
Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Charges admissibles verticales centrées $R_v; d$ (T/ml)	48	56	29	29



Exemple	Fondation linéaire de 0.6 m de large ancrée dans l'horizon H2-1			
Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Charges admissibles verticales centrées Rv;d (T/ml)	36	42	22	22

Exemple	Fondation isolée de 1.5 m x 1.5 m ancrée dans l'horizon H2-1			
Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Charges admissibles verticales centrées Rv;d (T)	134	156	81	81

Exemple	Fondation isolée de 2.0 m x 2.0 m ancrée dans l'horizon H2-1			
Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Charges admissibles verticales centrées Rv;d (T)	238	278	144	144

Exemple	Fondation isolée de 3.0 m x 3.0 m ancrée dans l'horizon H2-1			
Etat limite	ELU		ELS	
Situations	Durables et transitoires	Accidentelles	Quasi-permanentes	Caractéristiques
Charges admissibles verticales centrées Rv;d (T)	535	625	324	324

Il est à rappeler que le calcul ci-dessous est approximatif, un calcul plus précis sera fournis par élément porteur en se basant sur le plan des descentes de charges communiqué par le BET Structure dans le cadre de la mission G2PRO.

#### 6.6.4 Tassements

Il sera possible de calculer plus précisément les tassements une fois connues les descentes de charges précises du projet. Ces calculs pourront se faire dans le cadre d'une mission complémentaire de type G2 phase PRO (phase projet) et donnant lieu à une commande spécifique. Toutefois, étant donné les caractéristiques mécaniques des sols sous-jacents, les tassements devraient être négligeables.

A titre indicatif, une semelle filante de 0.8 m reprenant une charge verticale et centrée de 288 kN/ml (sur la base des descentes de charges **maximales**) présentera un tassement de l'ordre de 0.60 cm. Il s'agit de tassements absolus évalués dans l'hypothèse où il n'y a pas de remaniement de fond de fouille.

Il appartiendra au bureau d'études de Genie Civil de s'assurer de l'admissibilité des tassements estimés pour l'ouvrage projeté.

Dans le cas contraire, il conviendra d'envisager une réduction de la descente de charge ou un élargissement de la fondation, voire de passer à un mode de fondation semi profond ou profond, ou à une amélioration / renforcement de sols.

La justification précédente vis-à-vis des tassements suppose que les couches compressibles ne sont surchargées par aucun remblai supplémentaire.

#### 6.6.5 Efforts horizontaux - État limite ultime de glissement

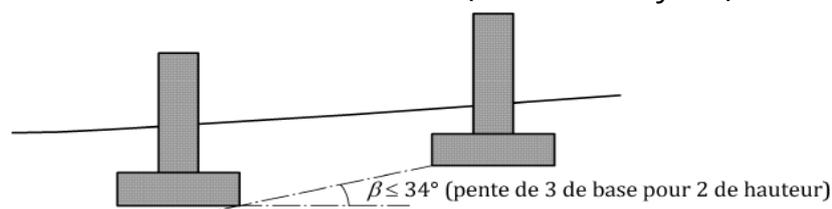
La vérification sera faite vis-à-vis des **états limites ultimes**. Si les efforts horizontaux sont intégralement repris par les forces de frottement s'exerçant à l'interface entre le sol et la fondation, la justification pourra être faite, selon le cas, conformément aux prescriptions de l'article 6.5.3. de l'Eurocode 7, « Calcul géotechnique, partie 1 ».

Si nécessaire, la réaction du sol sur les faces latérales de la fondation pourra être éventuellement prise en compte.

Cette justification pourra faire l'objet d'une mission complémentaire spécifique.

#### 6.6.6 Sujétions particulières

Il conviendra de respecter la règle des 3/2 indiquée au paragraphe 8.1 de la norme NF P 94-261, à moins de dispositions particulières. Ce paramètre est notamment à respecter entre les fondations existantes (cave et mitoyens) et celles projetées.



## 6.7 Niveau bas

Le caractère très compressible des sols sur une épaisseur notable et le caractère gonflant des terrains rencontrés en fond de fouille ne permettent pas d'envisager la réalisation d'un dallage sur terre-plein. Le niveau bas de la construction devra être traité en plancher porté sur vide sanitaire.

## 6.8 Voiries

La plateforme d'une nouvelle voirie (PF) est composée :

- Des sols supports désignés par leur partie supérieure (PST) et leur arase de terrassement (AR),
- D'une couche de forme si le sol support (PST) ne permettent pas d'obtenir une portance minimale à long terme.

La composition détaillée d'une plateforme est représentée sur le schéma ci-dessous extrait du catalogue des structures de chaussées.

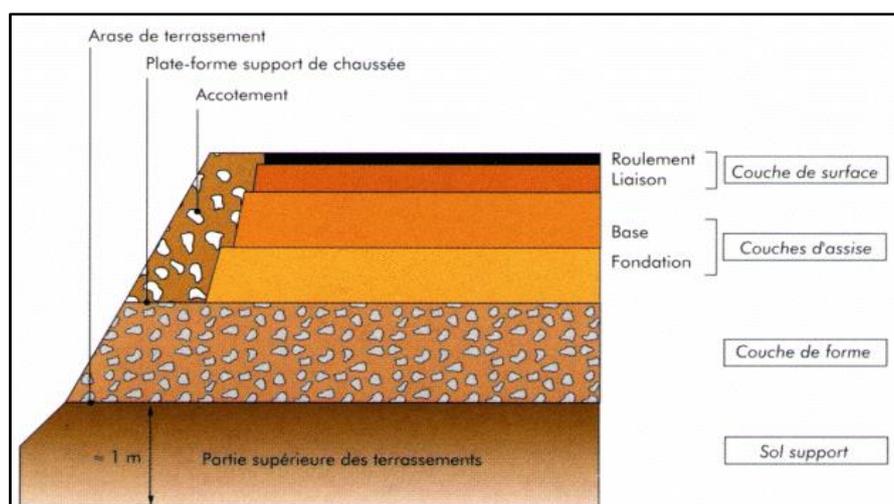


Figure 12 : Extrait du catalogue des structures de chaussées

### 6.8.1 Données du projet

Selon les données communiquées, la plateforme de la voirie projetée est PF2. En absence de données, une durée de vie de 20 ans et une classe de trafic TC1 sont considérées.

### 6.8.2 Portance du sol support

L'arase des terrassements va se situer dans les sols de classe G.T.R B2/B5. La plasticité de leurs fines rend ces sols sensibles à l'eau. Leur temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est court, tout en pouvant varier assez largement (fonction de perméabilité).

Lorsqu'ils sont extraits dans la nappe et mis en dépôt provisoire, ils conservent un état hydrique "humide" à "très humide" ; il est assez peu probable, en climat océanique, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir "moyen".

De ce fait, les travaux de terrassement devront être réalisés en période sèche (juillet à octobre) sous peine de limiter la portance et la traficabilité des plates-formes susceptibles de générer des arrêts de chantier.

D'après la classe du sol composant le support, on peut en déduire la portance estimée à court terme, **en conditions moyennes (printemps et automne peu pluvieux, été médiocre)** entre 15 et 40 MPa avec un couple PST2 / AR1 qui peut chuter à une PST0 / AR0 en cas de mauvaises conditions météorologiques.

### 6.8.3 Amélioration de l'arase

Pour assurer une arase de terrassement AR1 à long terme, il convient de prévenir un traitement en place sur une épaisseur de 0.35 m.

### 6.8.4 Couche de forme

Après obtention d'une arase AR1 par une technique de traitement et en partant sur l'hypothèse d'un matériau de classe 5 (suivant le guide de traitement des sols), il conviendra de mettre en œuvre une couche de forme d'une épaisseur de 35 cm, constituée des sols traités en place à la chaux et avec un liant hydraulique permettra l'obtention d'une plate-forme de classe PF2.

Dans le cas d'apport des matériaux non traitée (graves calcaires concassées, bétons ou produits de démolition recyclés type GR1), il conviendra de mettre en œuvre une couche de forme de 40 cm sur un géotextile.

La mise en place d'un géotextile (hors solution de traitement) jouera le rôle d'anticondaminant entre la couche de forme et la couche de chaussée, empêchant la circulation des particules fines.

### 6.8.5 Réception

Pour la réception de l'arase, des essais de plaque seront menés pour contrôler sa portance.

Pour la réception de la plate-forme PF2, les points suivants devront être vérifiés dans le cas d'une couche de forme en matériaux sableux ou graveleux traités en place :

- $50 \leq EV2 \leq 120$  MPa,



- Déflexion mesurée à la poutre de Benkelman sous un essieu de 13 tonnes < 0.8 mm (à 7 jours de cure).

Pour la réception de la plate-forme PF3, les points suivants devront être vérifiés dans le cas d'une couche de forme granulaire non traitée :

- $EV2 \geq 50$  MPa,
- Déflexion mesurée à la poutre de Benkelman sous un essieu de 13 tonnes < 2.0 mm.

## 6.9 Tranchées

### **Cas N°1 : Réalisation d'un talutage et/ou blindage coulissant avec rabattement de la nappe**

La réalisation des tranchées respectera la norme NF P98-331.

Dans le cas où un talutage en plein masse ne semble pas adapté, les fouilles de tranchées d'une profondeur supérieure à 1.3 m et de largeur inférieure ou égale aux 2/3 de la profondeur, doivent être équipées de blindage. Les tranchées seront réalisées avec la pose d'un blindage toute hauteur. Le type de blindage sera défini en fonction de la profondeur de pose des réseaux comme défini dans le tableau suivant (extrait du Fascicule 70).

Profondeur de tranchée (m)	Type de blindage	Largeur de tranchée (m)	
		De+2l	De+2l
		DN ≤ 600	DN > 600
de 0,00 à 1,30	S	De + 2 x 0,30 (mini 0,90)	De + 2 x 0,40 (mini 1,70)
de 0,00 à 1,30	C	De + 2 x 0,35 (mini 1,10)	De + 2 x 0,45 (mini 1,80)
de 1,30 à 2,50	C	De + 2 x 0,55 (mini 1,40)	De + 2 x 0,60 (mini 1,90)
de 1,30 à 2,50	CSG	De + 2 x 0,60 (mini 1,70)	De + 2 x 0,65 (mini 2,00)
de 2,50 à 3,50	CR	De + 2 x 0,55 (mini 1,70)	De + 2 x 0,60 (mini 2,10)
de 2,50 à 3,50	CSG	De + 2 x 0,60 (mini 1,80)	De + 2 x 0,65 (mini 2,10)
de 2,50 à 3,50	CDG	De + 2 x 0,65 (mini 1,90)	De + 2 x 0,70 (mini 2,20)
De 3,5 à 5,50	CDG	De + 2 x 0,65 (mini 2,00)	De + 2 x 0,70 (mini 2,30)
≥ 5,50	CDG	De + 2 x 0,70 (mini 2,10)	De + 2 x 0,80 (mini 260)



Les largeurs de tranchée données par ce tableau respectent les minimums prescrits par le norme EN 1610.

Légende :

De = diamètre extérieur de la canalisation.

DN = diamètre nominal ou intérieur.

S = sans blindage.

C = caisson : constitué d'une cellule comprenant 2 panneaux métalliques à structure légère et 4 vérins.

CR = caisson avec rehausse : constitué d'une cellule de base avec rehausse, comprenant chacune deux panneaux métalliques à structure renforcée ; 4 vérins pour la cellule de base ; 2 vérins pour la rehausse clavetée dans la cellule de base.

CSG = coulissant simple glissière : constitué d'une cellule comprenant 2 panneaux métalliques coulissant dans les portiques d'extrémité. Chaque portique est constitué de 2 poteaux métalliques à simple glissière boutonnés par des vérins.

CDG = coulissant double glissière : constitué d'une cellule comprenant 2 ou 4 panneaux métalliques et une ou 2 réhausse coulissant dans les portiques d'extrémité. Chaque portique est constitué de 2 poteaux métalliques à double glissière boutonnés par des vérins.

La largeur de tranchée minimale (tableau précédent - extrait du Fascicule 70), au fond de fouille, y compris les blindages sera déterminée en fonction :

- de la profondeur de pose,
- du type de blindage retenu,
- du diamètre nominal,
- du diamètre extérieur.

L'exécution des travaux sera privilégiée en période d'étiage (été) pour limiter les nuisances liées aux venues d'eau en phase travaux.

Le rabattement de la nappe devra être mené jusqu'à 0.5m sous la base des terrassements.

Les points durs ou zones décomprimées en fond de fouille seront purgés et substitués par un matériau insensible à l'eau, soigneusement compacté.

Afin d'éviter le remaniement du fond de fouille, en particulier dans le cas des sols sensibles (sol fin : limon, argile, etc.), l'emploi d'un godet à lame sera privilégié pour son curage.



Des exemples de blindages coulissants sont présentés ci-dessous :

Type de blindage coulissant	Description	Profondeur d'utilisation	Longueur poteau	Poids poteau	Moment de Flexion	Longueur tronçon	Moyen de levage	Shémas
<b>Coulissant parallèle simple glissière</b>	<p>Blindage coulissant léger en simple rail.</p> <p>Les glissières simples reçoivent les panneaux qui sont guidés tout au long de leur descentes par havage se faisant simultanément lors de l'excavation</p> <p>La robustesse des butons en HEB en fait un système rassurant et facile d'utilisation. Le chariot en forme de parallélogramme assure un champ de vision maximum au conducteur de la pelle.</p> <p>Le simple rail de réception des panneaux allège considérablement le poids des éléments coulissants</p>	Max 4.0 m	4.0 m	495 kg	338 kN.m	2.0 m - 6.25 m	Pelle ≈ 15 - 25 Tonnes	
<b>Coulissant parallèle double glissière</b>	<p>Les panneaux sont guidés tout au long de leur descente par havage dans de solides poteaux dont l'écartement est assuré par un parallélogramme rigide, faisant office de buton, assurant une largeur constante. Ce dernier coulisse dans le sens de la hauteur durant la descente par havage.</p> <p>L'action individuelle exercée sur chaque élément séparément, facilite la mise en place et la dépose réduisant les forces de frottement du sol retenu.</p>	Max 8.0 m	4.8 / 6.0 / 7.5 m	1075 / 1335 / 1780 kg	1020 / 12020 / 1106 kN.m	2.0 m - 6.25 m	Pelle ≈ 25 - 45 Tonnes	

Type de blindage coulissant	Description	Profondeur d'utilisation	Longueur poteau	Poids poteau	Moment de Flexion	Longueur tronçon	Moyen de levage	Shémas
<b>Coulissant à vérins double glissière</b>	Montage simple et rapide. Système le moins lourd de la gamme coulissante.	Max 7.5 m	4.5 / 5.5 m	397 / 489 kg	220 kN.m	2.0 m - 6.25 m	Pelle ≈ 25 - 30 Tonnes	
<b>Système coulissant glissière d'angle</b>	Système coulissant permettant de blinder toutes les faces d'un puits grâce à l'emploi de glissières d'angle à 90° dans lesquelles viennent s'enclencher les panneaux. Rapide et facile à mettre en place, ce système permet d'obtenir un puits blindé sur 4 faces. Ce système offre des applications diverses (puits de fonçage, pose de séparateurs, de décanteurs, pose de regards, création de piles de point, fouilles archéologiques, etc...). Ce système limite l'emprise de l'excavation.	Max 8.0 m	3.5 / 5.5 / 7.5 m	192 / 840 / 1155 kg	113 / 363 kN.m	2.0 m - 6.25 m	Pelle ≈ 25 - 45 Tonnes	

Bien entendu, cette méthodologie de terrassement et de soutènement devra impérativement être associée aux systèmes de gestion des venues d'eau préférentielles mentionnées précédemment.

En cas d'impossibilité de mise en place de ce type de blindage, des blindages alternatifs (boisages mis en place manuellement par exemple) pourront être envisagés. Ceux-ci devront être soigneusement justifiés.

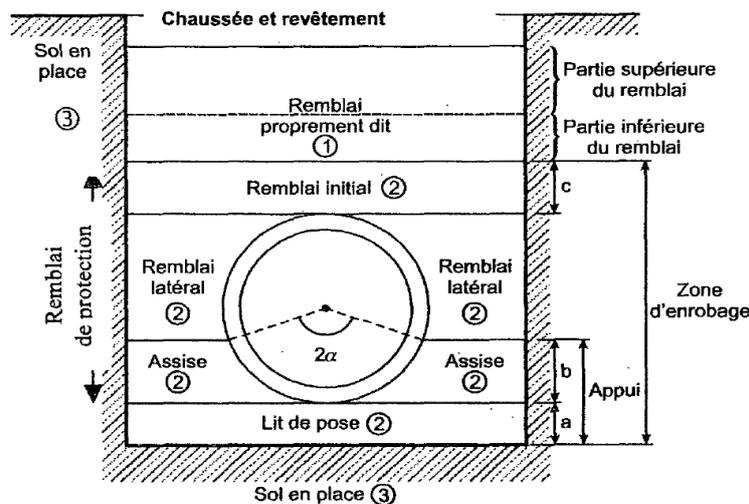
## Cas N°2 : Mise d'un type Palplanches/palfeuilles avec rabattement de la nappe.

Dans le cas de proximité des avoisinants ou de l'instabilité des parois du talutage, les terrassements devront être exécutés à l'abris d'un blindage étanche de type paroi en palplanches, palfeuilles, pieux jointifs ou une paroi au coulis. L'ancrage du blindage devra être assuré à minima au sein des Sables superficielles.

Le blindage sera associé à un système de rabattement du niveau d'eau de la fouille 50 cm sous le fond. Les prescriptions à ce sujet pourront être transmises lors de la réalisation d'une mission G2 PRO après définition du projet. Les phénomènes de boulangerie et de renard hydraulique en fond de fouille seront à vérifier lors de la réalisation d'une mission G2 PRO après définition du projet. Un essai de pompage devra être réalisé avant travaux.

### 6.9.1 Remblaiement des tranchées

Le schéma ci-dessous, extrait du Fascicule 70, reprend la coupe type de remblaiement à respecter.



Le lit de pose est constitué d'une épaisseur de matériau supérieure ou égale à 10 cm.

Dans le cas où le sol en place en fond de fouille est de l'horizon H1 (Dépôt superficiel/Remblai), il conviendra d'augmentation de l'épaisseur du lit de pose à 40 cm avec mise en place d'un cloutage ou bien une géogrid pour améliorer et pérenniser la portance.

L'épaisseur de la zone de remblai initial doit être au moins égale à 10 cm au-dessus du collet et à 15 cm au-dessus de la génératrice supérieure. Cette épaisseur minimale de la première couche doit tenir compte des contraintes de mise en œuvre liées aux caractéristiques du matériel de compactage ("Guide de remblayage des tranchées" du CEREMA (EX SETRA)).

Dans le remblai proprement dit, la dimension maximale des matériaux doit respecter :

- $D_{\max} < 1/10$  de la largeur de la tranchée ;
- $D_{\max} < 1/5$  de l'épaisseur de la couche compactée.

Le fond de tranchée sera compacté en 2 passes de compacteurs de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée.

Pour le retrait du blindage dans la zone d'enrobage, il est préconisé de le retirer d'une hauteur égale à chaque couche de remblai puis de compacter cette couche.

La zone d'enrobage de la canalisation sera réalisée avec des matériaux comportant peu d'éléments grossiers et non sensibles aux variations de teneur en eau (pas de fines).

Le compactage de la zone d'enrobage sera réalisé par couches successives, symétriquement puis uniformément. L'épaisseur des couches et la cadence de mise en œuvre seront définies lors d'un essai préalable, réalisé avec les matériaux dont dispose l'entreprise, afin d'assurer le degré de compacité requis.

Si les conditions du site sont complexes (site étroit, présence de canalisation, présence de mitoyen, ...), le compactage dynamique sera proscrit.

Dans ce cas, le compactage sera par la mise en place d'un remblai autocompactant.

## 6.9.2 Objectifs de densification

La norme NF P 98-331 de février 2005 définit les objectifs de densification comme suit :

Objectif de densification	Exigences	Utilisation en tranchées (détaillée en 6.2.4)
q1 <sup>1)</sup>	$\rho_{dm} \geq 100\% \rho_{dOPM}$ $\rho_{dfc} \geq 98\% \rho_{dOPM}$	Non accessible au petit matériel de compactage
q2 <sup>1)</sup>	$\rho_{dm} \geq 97\% \rho_{dOPM}$ $\rho_{dfc} \geq 95\% \rho_{dOPM}$	Chaussée
q3	$\rho_{dm} \geq 98,5\% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 96\% \rho_{dOPN}$	Partie supérieure de remblai
q4	$\rho_{dm} \geq 95\% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 92\% \rho_{dOPN}$	Remblai Zone d'enrobage des tranchées de hauteur de recouvrement $< 1,30$ m et certaines tranchées de hauteur de recouvrement $\geq 1,30$ m <sup>2)</sup>
q5	$\rho_{dm} \geq 90\% \rho_{dOPN}$ $\rho_{dfc} \geq 87\% \rho_{dOPN}$	Zone d'enrobage (uniquement pour les tranchées dont la hauteur de recouvrement $\geq 1,30$ m où q4 n'est pas exigé <sup>3)</sup> ).

1) q1 et q2 sont définis dans la norme NF P 98-115.

2) Le choix q4 ou q5 pour l'enrobage dans le cas des tranchées profondes est à fixer en fonction des conditions rencontrées : encombrement des réseaux, difficultés d'exécution particulières.

3) Il peut s'avérer que l'objectif de densification q5 ne puisse être atteint : cette contrainte pouvant ou non avoir été démontrée dès les études préalables ou, si l'étude géotechnique ne l'a pas détectée, constatée à l'ouverture de la tranchée (par exemple un encombrement important de la tranchée, un fond de fouille en zone compressible, etc.). Dans ce cas, une étude spécifique sera exigée afin de définir les moyens pour garantir la bonne tenue de la tranchée et du réseau dans le temps. (Prise en compte dans le modèle de calcul, utilisation de matériaux adaptés, etc.).



Avec :

- *pdm* : la masse volumique moyenne de la couche ;
- *pdfc* : la masse volumique en fond de couche ;
- *pdOPM* : la masse volumique à l'essai Proctor modifié ;
- *pdOPN* : la masse volumique à l'essai Proctor normal.

Une épreuve de compactage sera menée avec la réception. Le contrôle de la qualité du compactage sera réalisé soit au pénétromètre dynamique à énergie variable, soit au gammadensimètre, tous les 50 m comme la prescrit le Fascicule 70 et la norme NF P 98-331.

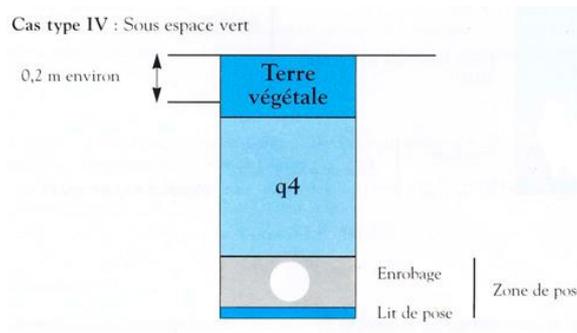
Ce contrôle comprend la totalité des remblaiements ainsi que sur la zone d'enrobage jusqu'au niveau inférieur du lit de pose.

### 6.9.3 Cas types de remblais sur réseaux

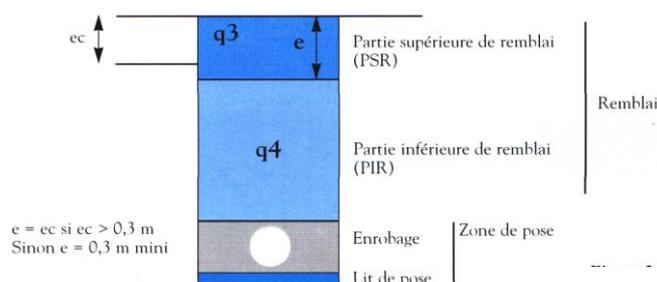
Les objectifs de densification et les croquis ci-dessous sont donnés selon les recommandations du Guide Technique pour le Remblayage des Tranchées et Réfection des Chaussées. Guide LCPC-SETRA de Mai 1994.

**Quatre cas distincts peuvent se présenter sur le site :**

- ↳ **Canalisation sous espaces verts** : une **structure de type IV** sera retenue. Elle correspond à la figure donnée ci-dessous :

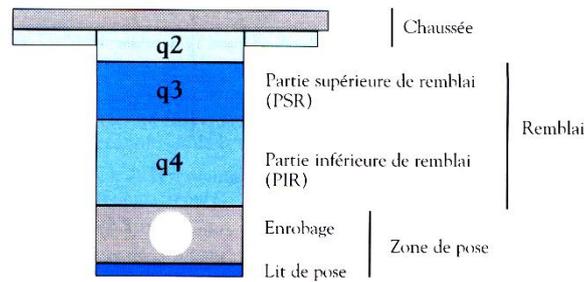


- ↳ **Canalisation sous accotements** : une **structure de type III** sera retenue. Elle correspond à la figure donnée ci-dessous :

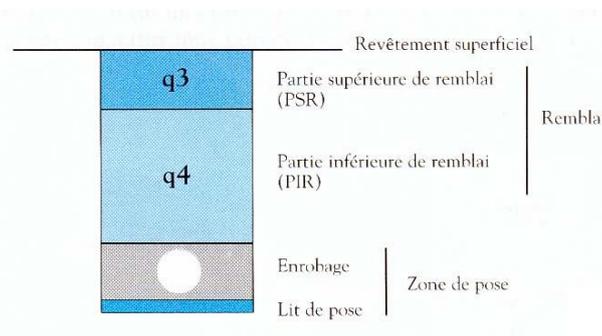


- ↳ **Canalisation sous trottoir** : une **structure de type II** sera retenue. Elle correspond à la figure donnée ci-dessous :





- ↪ **Canalisation sous chaussée** : une **structure de type I** sera retenue. Elle correspond à la figure donnée ci-dessous :



**Les passages sous chaussée correspondent à la grande majorité du tracé.**

Dans tous les cas :

- ↪ Le fond de tranchée sera compacté en deux passes de compacteurs de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée.
- ↪ L'enrobage de la canalisation se fera par des matériaux comportant peu d'éléments grossiers, non argileux de manière à ne pas offrir d'entraînement hydraulique en cas de montée de nappe.
- ↪ Le matériau d'enrobage recouvrira la canalisation sur une hauteur comprise entre 10 cm minimum et 30 cm maximum.

#### 6.9.4 Matériaux réutilisables en remblai

**Le niveau q4** correspondant à la partie inférieure du remblai non sollicitée par des charges lourdes, pourra être constitué par les matériaux cités dans le tableau ci-dessous (après contrôle de leur état hydrique) :

**Tableau 3.2 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie inférieure de remblai** **Objectif de densification q4**

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols fins	A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m ;	
Sols sableux et graveleux avec fines	B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5s ; B6h ; B6m ;	
Sols comportant des fines et des gros éléments	C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2m ; C2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2m ; C1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4m ; C1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6m ; C2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4m ; C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11 ; R12h ; R12m ; R13h ; R13m	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22 ; R23	R22 et R23 assimilés à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ; R43	R42 assimilé à C2B4 ; R43 assimilé à C1B1
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ; R63 ;	R62 et R63 assimilés à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Cendres volantes et cendres de foyer silico-alumineuses de centrales thermiques	F2h ; F2m ; F2s	F2 assimilé à A1
Schistes houillers	F31 ; F32 ;	F31 et F32 assimilés à D3
Schistes des mines de potasse	F41 ;	F41 assimilé à B5
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 ;	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71 ;	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8 ;	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q4 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- ☞ Densité sèche moyenne de la couche  $\geq 95\%$   $d_{OPN}$
- ☞ Densité sèche en fond de couche  $\geq 92\%$   $d_{OPN}$

L'épaisseur du niveau q4 est fonction de la hauteur de la tranchée et des épaisseurs des niveaux q3 et q2. Dans la mesure où l'épaisseur du niveau q4 ne dépasserait pas 0.15 m, le remblai serait obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure du remblai.

**Le niveau q3** correspond à la partie supérieure du remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic ou au revêtement de la chaussée en cas d'absence de charges lourdes.

Seuls les matériaux cités dans le tableau ci-dessous pourront entrer dans la constitution du niveau q3 :

Appellation selon NF P 11-300 Sols	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)	B1 ; B3	
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 C2B1 ; C2B3 C1B4 ; C2B4 après élimination de la fraction, fine 0/d	
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3	
Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Craies	R11	
Calcaires rocheux divers	R21 ; R22	R22 assimilé à C2B4
Roches siliceuses*	R41 ; R42 ;	R42 assimilé à C2B4
Roches magmatiques et métamorphiques	R61 ; R62 ;	R62 assimilé à C2B4
Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels	Symbole classification GTR	Assimilation pour le compactage
Schistes houillers	F31	F31 assimilé à D3
Mâchefers d'incinération des ordures ménagères	F61 ; F62 Se référer à la réglementation pour l'utilisation	F61 et F62 assimilés à B4
Matériaux de démolition	F71	F71 assimilé à C2B4
Laitiers de haut-fourneau	F8	fonction du type d'obtention
Matériaux d'apport élaborés	Difficulté de compactage	
Matériaux élaborés	DC1, DC2, DC3	

Les matériaux mis en œuvre en niveau q3 devront répondre aux exigences de compactage suivantes :

- ⊗ Densité sèche moyenne de la couche  $\geq 98,5\%$   $d_{OPN}$
- ⊗ Densité sèche en fond de couche  $\geq 96\%$   $d_{OPN}$

Des contrôles à la plaque ou à la Dynaplaque permettront de vérifier qu'une portance de 50 MPa minimum est obtenue en surface du niveau q3.

Les matériaux utilisés en q3 ne devront pas présenter de « sensibilité à l'eau » soit dans leur état naturel soit après leur avoir fait subir un traitement approprié.

L'épaisseur du niveau q3 à mettre en œuvre est fonction du trafic. Celle-ci est donc comprise entre 0.30 m minimum pour un trafic faible et supérieur à 0.60 m pour un trafic fort.

**Le niveau q2** s'applique aux couches de chaussées.

Ce niveau correspondra à une réfection de voirie qui ne pourra être définie qu'en fonction de la classe de trafic retenue pour la voirie.

**Pour les préconisations de remblayage des tranchées, l'entreprise se reportera au guide technique de remblayage des tranchées édité par le SETRA & LCPC.**

### 6.9.5 Condition de réemploi des matériaux du site

Les matériaux du site appartiennent aux classes suivantes :

- Horizon H1 : B1, B2 et B5.

Les matériaux prélevés sur le site ont été caractérisés selon les préconisations de la GTR (guide LCPC – SETRA 2000 – NFP 11300).

#### **Niveau q4 :**

- ↳ Les matériaux classés B1, B2 et B5 peuvent donc être réutilisés à condition que l'état hydrique ne soit pas très humide ou très sec au moment de l'intervention.

#### **Niveaux q3 et q2 :**

Les matériaux du site n'entrant pas dans le tableau récapitulatif ci avant, il conviendra donc d'utiliser **des matériaux d'apport**.

## 6.10 Précautions particulières de conception et d'exécution

### 6.10.1 Fondations

Si des fondations doivent être fondées à des niveaux différents, on respectera la règle des 3/2, à moins de dispositions particulières. Ce paramètre est notamment à respecter entre les fondations existantes et celles projetées.

La largeur minimale des fondations sera de 0.4 m pour des semelles filantes et de 0.7 m pour des massifs isolés. Les puits de section circulaire auront un diamètre minimal de 1.2 m et les puits de section quelconque auront une largeur minimale de 0.8 m et une section minimale de 1.1 m<sup>2</sup>.

Afin d'assurer la protection contre le gel, la hauteur minimale d'encastrement sera d'au moins 0.6 m sous le terrain naturel extérieur.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique, si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

### 6.10.2 Construction

Dans tous les cas où deux parties d'un même bâtiment seraient fondés de façon différente, ou encore présenteraient un nombre de niveaux sensiblement différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui risquent de se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes.

### 6.10.3 Précautions de mise en œuvre

Les poches molles ou décomprimées seront purgées et rattrapées par un gros béton.

Afin d'éviter une décompression du fond des fouilles et des rigoles de semelles, celui-ci devra être protégé immédiatement par un béton de propreté ou un matériau équivalent.

Les fondations devront être coulées immédiatement après terrassements et en pleine fouille.

Dans le cas d'une interaction avec la nappe, dans des sols peu perméables, on pourra procéder à un pompage à l'intérieur de la fouille avant mise en œuvre du béton. Dans le cas de fouille au sein de sols perméables, un blindage de travail devra être approvisionné sur chantier et utilisé en cas de mauvaise tenue des fouilles.

### 6.10.4 Eléments de structure

Les éventuelles parties du projet de charges différentes devront être séparées par un joint de rupture.

Il faudra prévoir avant tous travaux de reprise en sous-œuvre, ou de terrassement à proximité des fondations existantes, un système d'étalement ou de confortement interdisant tout mouvement des ouvrages, aussi bien en phase provisoire qu'en phase définitive.

## 7 ALEAS ET RISQUES RESIDUELS

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une étude géotechnique de conception phase avant-projet (mission G2 AVP). Conformément à la norme sur les missions géotechniques, il conviendra de poursuivre les études géotechniques par une mission de type G2 PRO permettant de vérifier les éléments suivants :

- Le dimensionnement des fondations (et la valeur ainsi que l'admissibilité des tassements) selon les descentes de charge réelles ;
- La méthodologie de réalisation des plateformes ;
- Le calcul de débit de pompage pour le rabattement de la nappe.

Toute anomalie (indice de cavité, présence des remblais, d'anciens vestiges, etc.) devra être signalée à **INFRANEO** pour éventuelles adaptations ou missions de diagnostic supplémentaires.

De manière générale, des contrôles sont préconisés sur tous les chantiers en phase travaux (fond de fouille, remblayage) ; ces contrôles s'intégreront dans le cadre du suivi de chantier (mission G3 ou G4).



## 8 CONDITIONS CONTRACTUELLES

1. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager **INFRANEO**.
2. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance de la construction ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie "*Présentation*" du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à **INFRANEO** afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
3. De même, des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple : hétérogénéité localisée, venues d'eau, etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
4. Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
5. Ce rapport vient clôturer la mission G2 AVP qui nous a été confiée pour cette affaire.

**Cette étude géotechnique d'avant-projet ne peut en aucun cas être utilisée comme document de conception au stade exécution.** Nous attirons l'attention du Maître d'Ouvrage sur la nécessité de réaliser les missions successives G2 PRO, G2 DCE/ACT, G3 (à la charge de l'entrepreneur) et G4 dans l'enchaînement prévu par la norme NF P 94-500.

**INFRANEO** reste entièrement à la disposition du Maître d'Ouvrage pour la réalisation de ces missions en phase de conception puis d'exécution.

# ANNEXES



# ANNEXE 1 :

## CONDITIONS GENERALES DE VENTE ET D'EXECUTION DES PRESTATIONS



## Article 1. Principes généraux

1.1 Les présentes conditions régissent les prestations de la société **INFRANEO**. Les conditions générales de vente s'appliquent de plein droit, pour l'ensemble de nos agences, dans nos relations commerciales avec nos clients et partenaires. Aussi, toute commande ou demande de prestation passée par nos clients implique, à titre de conditions essentielles et déterminantes, l'acceptation sans réserve des dites conditions.

1.2 Les présentes conditions générales ne sont pas applicables dans le cas des marchés publics passés avec un organisme public. Les conditions sont alors régies par les documents contractuels propres au dossier de consultation (acte d'engagement, CCAP, CCAG...).

1.3 Toute disposition générale ou particulière figurant sur les documents commerciaux et/ou comptables du client qui serait contraire aux présentes conditions générales de vente est réputée nulle et non écrite. En cas de variations écrites apportées par nos clients aux stipulations initiales, nous ne nous considérons liés que sur nouvel accord écrit de notre part.

## Article 2. Commandes

2.1 Le démarrage de l'étude interviendra uniquement après réception de la commande écrite. Un accord oral ne vaudra en aucun lancement officiel et n'engagera pas la planification des investigations de quelque nature que cela soit.

2.2 Toutes les pages de la proposition technique et financière doivent être paraphées. La dernière page doit être signée en précisant la date, le nom et la fonction du signataire, et porter la mention « bon pour accord ». Si le client souhaite joindre à la commande un formulaire qui lui est propre, l'ensemble des éléments suivants de notre document doivent alors y être mentionnés : nature des prestations, calendrier prévisionnel, conditions de facturation, conditions de paiement, adresse de facturation et de livraison (si différentes).

## Article 3. Conditions, modalités et retard de paiement

### 3.1 Dates d'échéance :

Facturation à la commande : les honoraires de facturation à la commande sont payables à réception de facture. L'absence de réception de ce paiement constitue un motif d'arrêt immédiat des études.

Facturation intermédiaire et finale : sauf stipulations contraires, nos factures de prestations sont payables dans un délai de 60 jours suivant la date d'émission de la facture.

Facturation liée aux marchés publics : l'échéancier reste lié aux conditions du marché.

Les factures sont payables au siège social d'**INFRANEO** - 8 rue des Chênes Rouges - 91580 ETRECHY.

3.2. Mode de règlement : les factures seront réglées à échéance par chèque bancaire ou postal, par virement sur le compte de la société ou par traite. Dans tous les cas, les frais bancaires afférents restent à la charge du client.

3.3. Retard de règlement : à défaut de règlement suivant les conditions stipulées sur les factures, notre service administratif se verrait contraint de mettre en demeure le client par lettre recommandée. Le montant dû sera majoré des intérêts de retard. Cette majoration de plein droit est calculée sur la base du taux d'intérêt légal en vigueur majoré de 3 % (Loi 92-1442 du 31/12/1992) au prorata du nombre de jours de retard par rapport à l'échéance de la facture. De plus, les autres sommes qui pourraient être dues **INFRANEO** deviendront immédiatement exigibles et toutes les commandes en cours du client seront suspendues jusqu'au paiement intégral des sommes dont le client est redevable, sans préjudice de tous dommages et intérêts qui pourraient être réclamés au client. En plus de ces intérêts de retard, s'ajouteront des frais de relance à hauteur de 15% de la somme réclamée.

## Article 4. Délais

4.1. Les délais d'exécution des missions ne sont donnés qu'à titre indicatif. Le dépassement de ces délais ne peut donner lieu à aucune retenue ou indemnité (sauf conditions particulières signées entre les parties).

L'engagement sur les délais prévisionnels ne peut être tenu qu'aux conditions que le client ne retarde pas l'action d'**INFRANEO** et que soit rapidement mis à disposition d'**INFRANEO** tout document nécessaire à la réalisation de sa mission.

4.2. Le calendrier prévisionnel transmis au sein de la proposition technique et financière d'**INFRANEO** court à partir de la réception en nos locaux de la commande écrite de la part du client (et des documents associés tel l'éventuel acompte ...).

## Article 5. Confidentialité

**INFRANEO** s'engage à traiter comme confidentielles toutes les informations obtenues dans le cadre de ses missions chez ses clients. Elles ne pourront faire l'objet de publication, même diffusion restreinte, sans accord préalable du client.

## Article 6. Responsabilités

**INFRANEO** apportera tous ses soins et son expérience à la mission qui lui sera confiée et ne pourra être tenue responsable des erreurs relevant de l'insuffisance ou inexactitude des renseignements fournis par le donneur d'ordre ou des études non réalisées par **INFRANEO**.

## Article 7. Clause résolutoire

Dans le cas où les études seraient arrêtées pour une cause indépendante à **INFRANEO**, le client doit aviser notre société 15 jours à l'avance afin qu'elle puisse prendre ses dispositions sur le personnel concerné et sur le coût des frais réels engagés. L'information par le client devra être adressée par lettre recommandée avec accusé de réception.

La facturation de l'étude se ferait, dans ce cas, au prorata de son état d'avancement.

## Article 8. Attribution de juridiction

L'interprétation et l'exécution des présentes conditions générales de vente ainsi que toutes les prestations de service qui en découleront seront soumises au Tribunal compétent d'Evry.



# ANNEXE 2 :

## CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE



## 1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier tableaux 1 et 2 ci-après joints à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- ↳ Les missions d'étude géotechnique préalable (G1), d'étude géotechnique de conception (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif,
- ↳ Exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique,
- ↳ L'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- ↳ Toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport,
- ↳ Toute mission d'étude géotechnique préalable, d'étude géotechnique de conception phase AVP / PRO ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de conception phase DCE / ACT lui est confiée,
- ↳ Une mission d'étude géotechnique de conception G2 phase PRO engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie (s) d'ouvrage (s) concerné (s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

## 2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

## 3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

## 4. Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet: en effet, les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente n01me. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.



**Extrait NF P 94-500—Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique**

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage	Influence de cet élément géotechnique sur les risques	Fonction de l'élément géotechnique étudié



## Extrait NF P 94-500-Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRELABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

#### Phase Etude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire. Les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités

#### Phase DCE/ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel)
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.



## Extrait NF P 94-500-Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

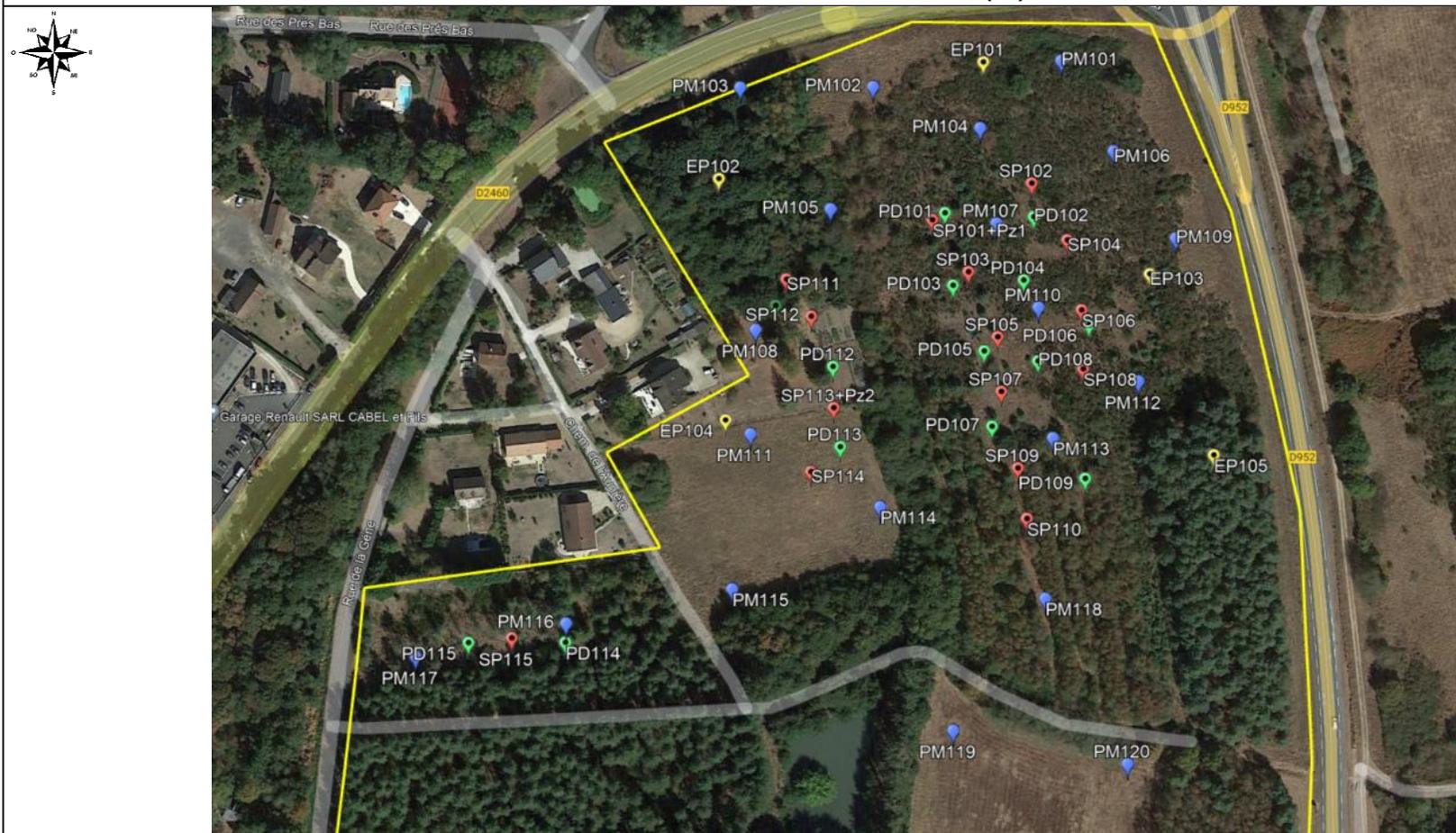


# ANNEXE 3 :

## SCHEMA(S) D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS IN-SITU



**Centre Val de Loire  
CONSTRUCTION D'UN LYCEE  
CHATEAUNEUF SUR LOIRE (45)**



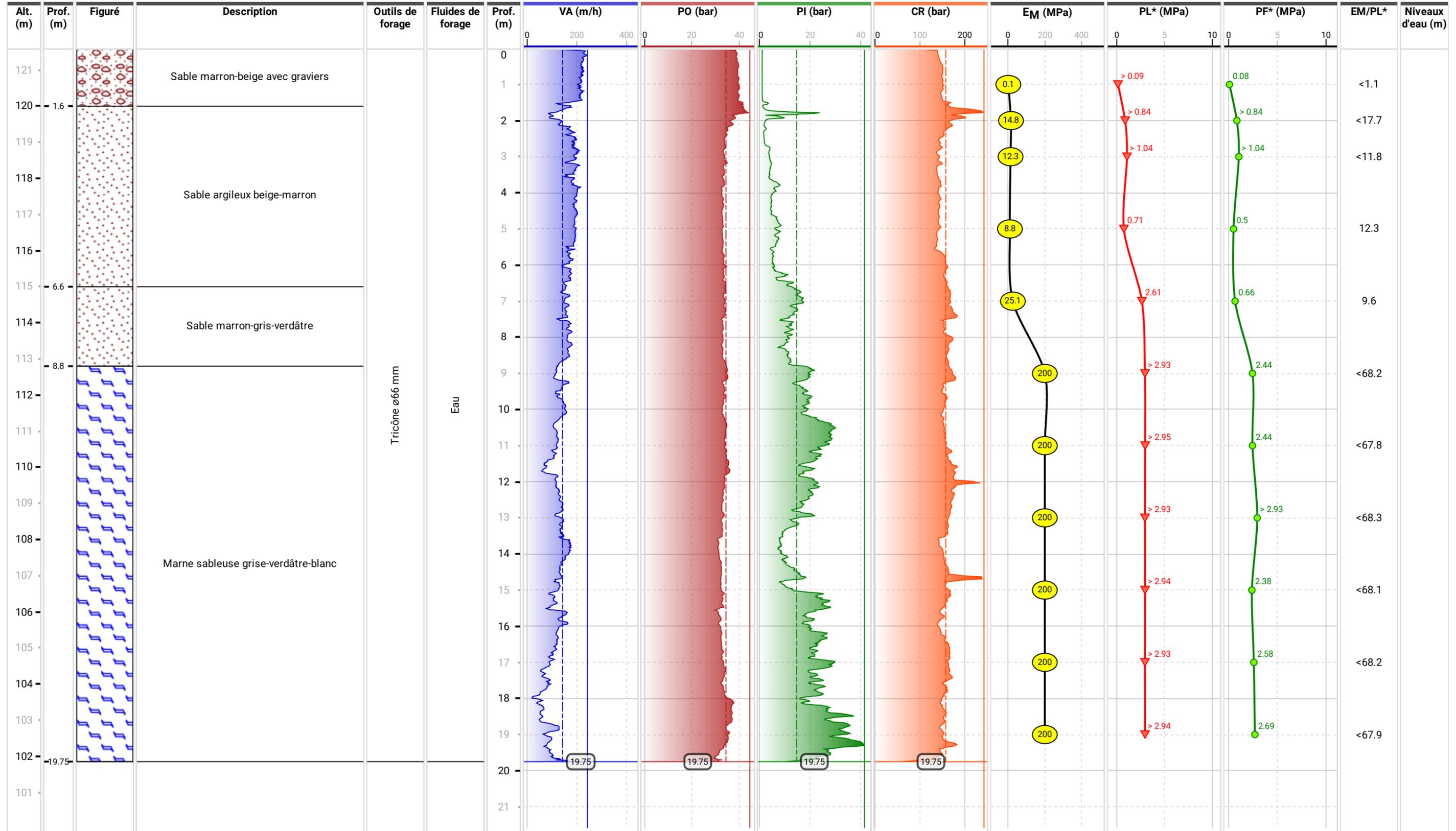
**SCHEMA D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS IN-SITU**

- |   |                              |   |                                 |
|---|------------------------------|---|---------------------------------|
|  | Sondages pressiométriques    |  | Essai au pénétromètre dynamique |
|  | Fouille à la pelle mécanique |  | Essai d'infiltration            |

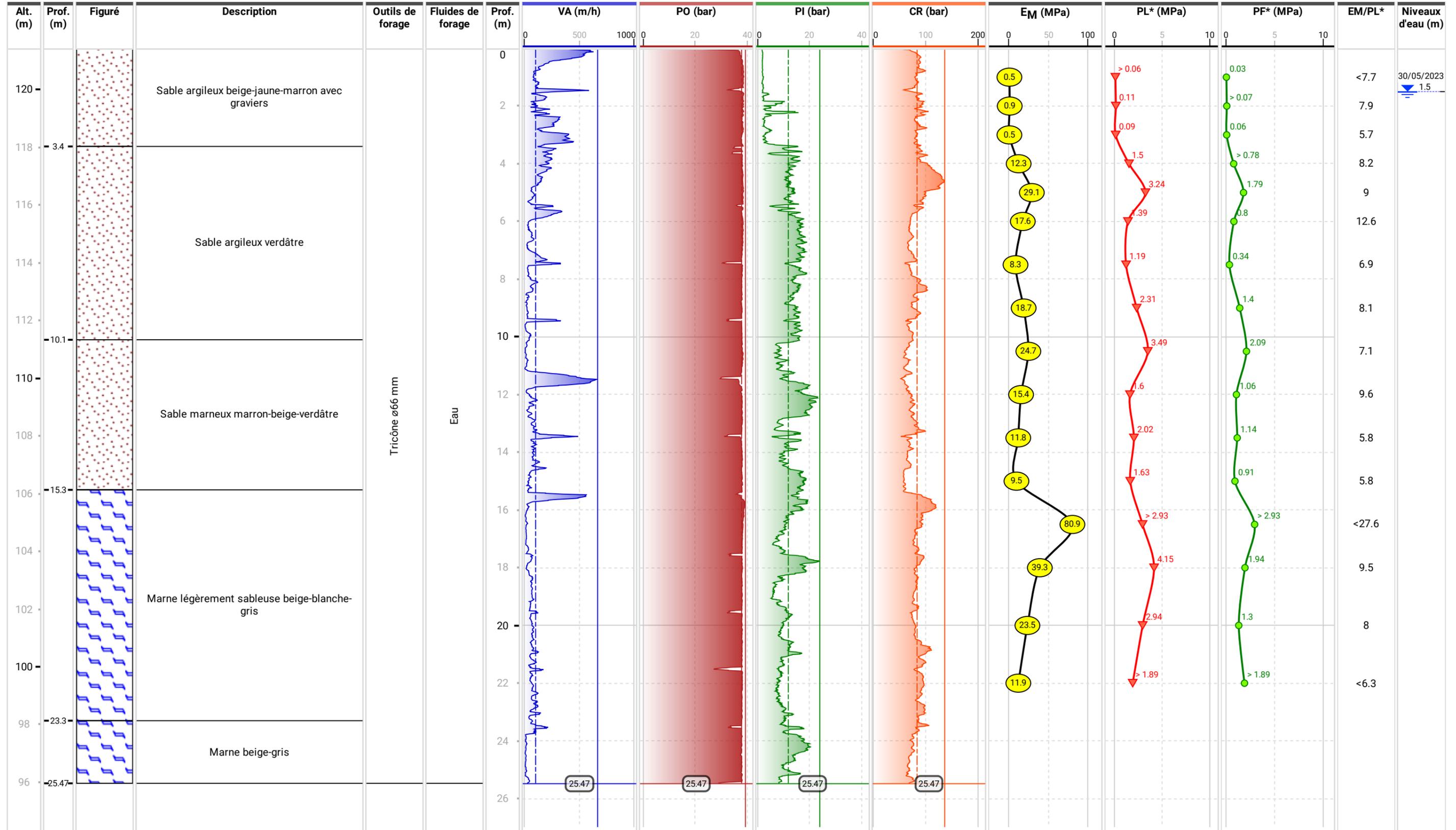
## ANNEXE 4 :

# RESULTATS DES SONDAGES ET ESSAIS IN-SITU

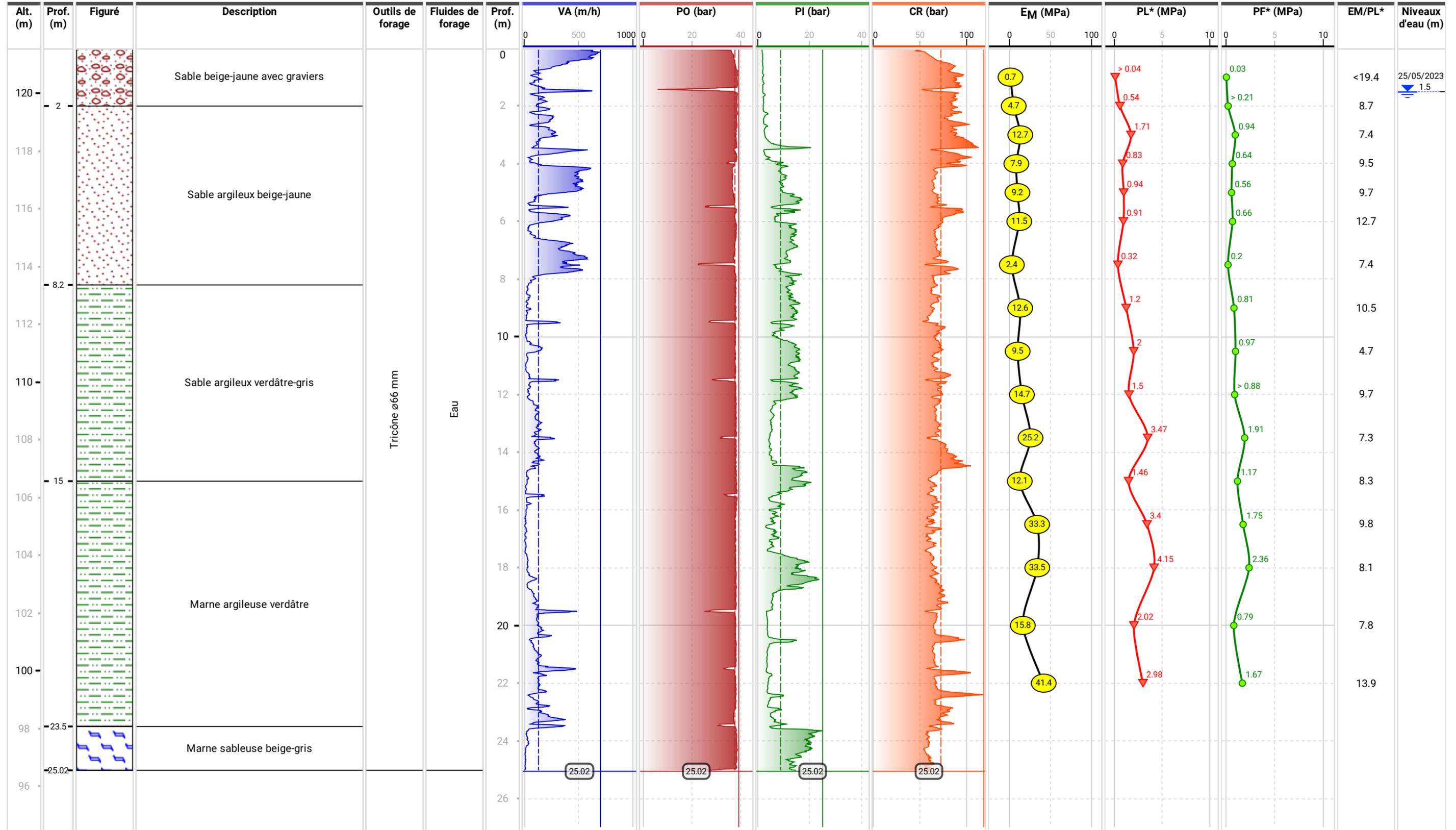




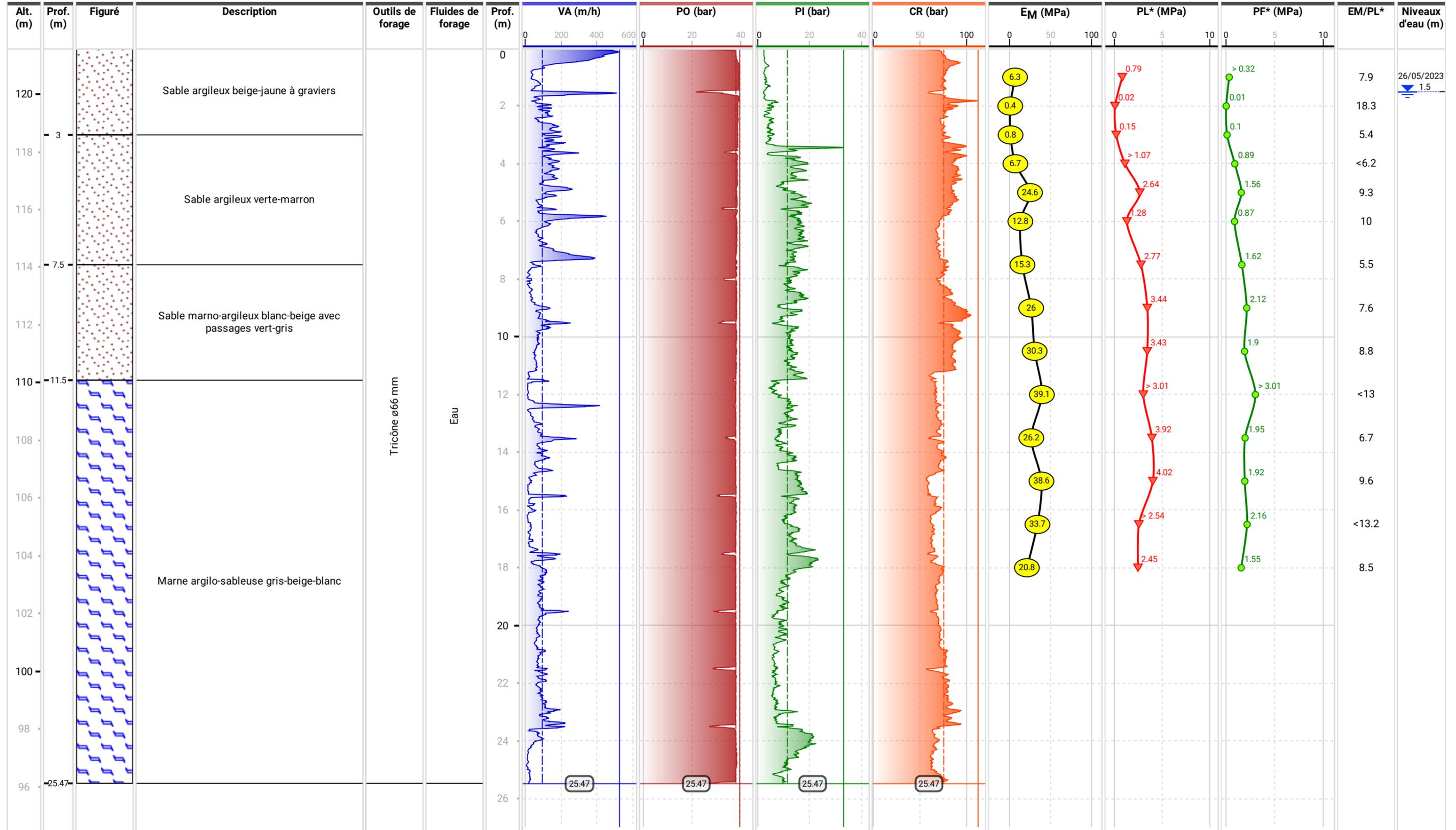
X 1642857,33      Y 8075649,43      Altitude GPS 121.43 m

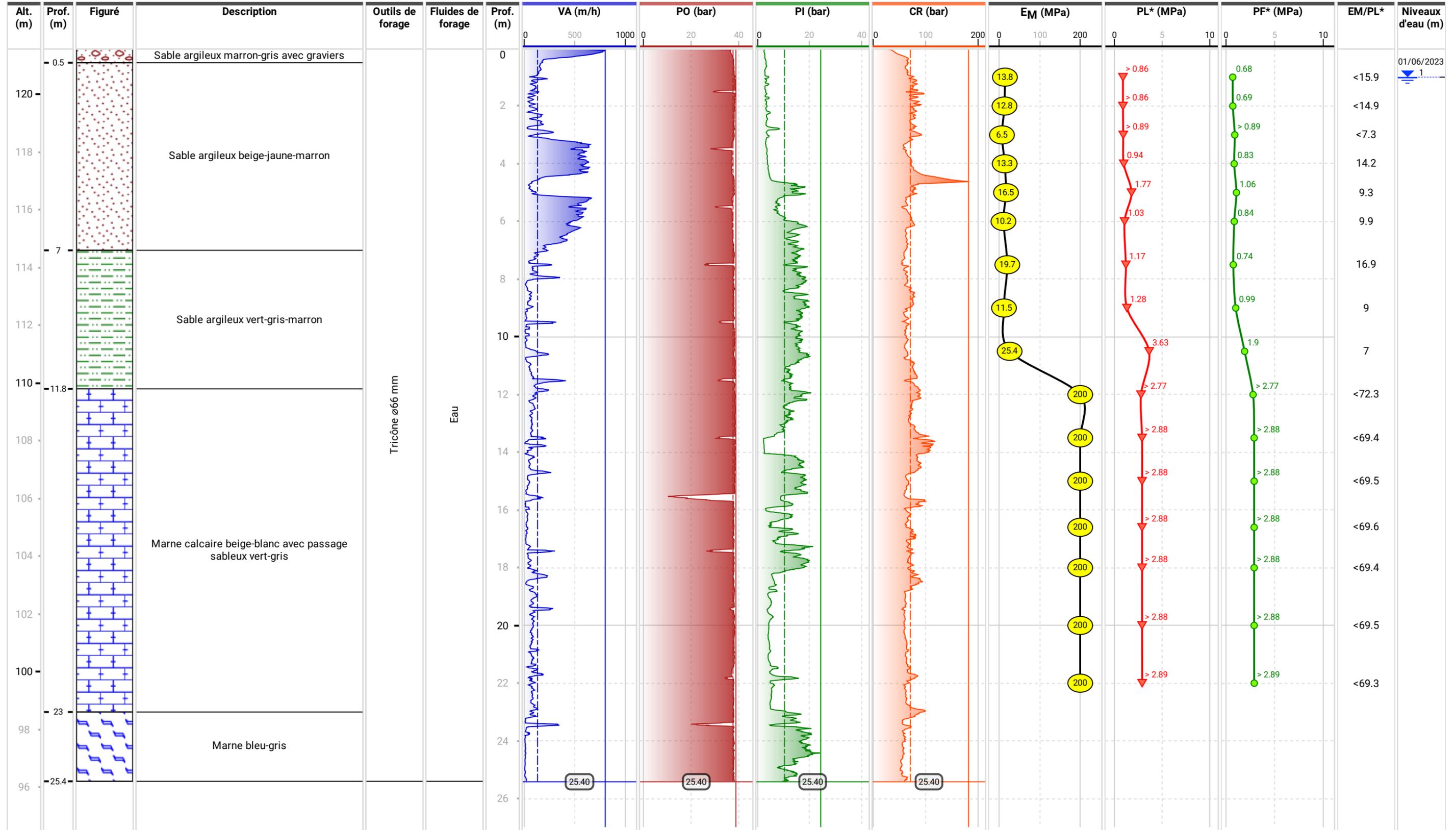


X 1642832,9      Y 8075615,66      Altitude GPS 121.57 m

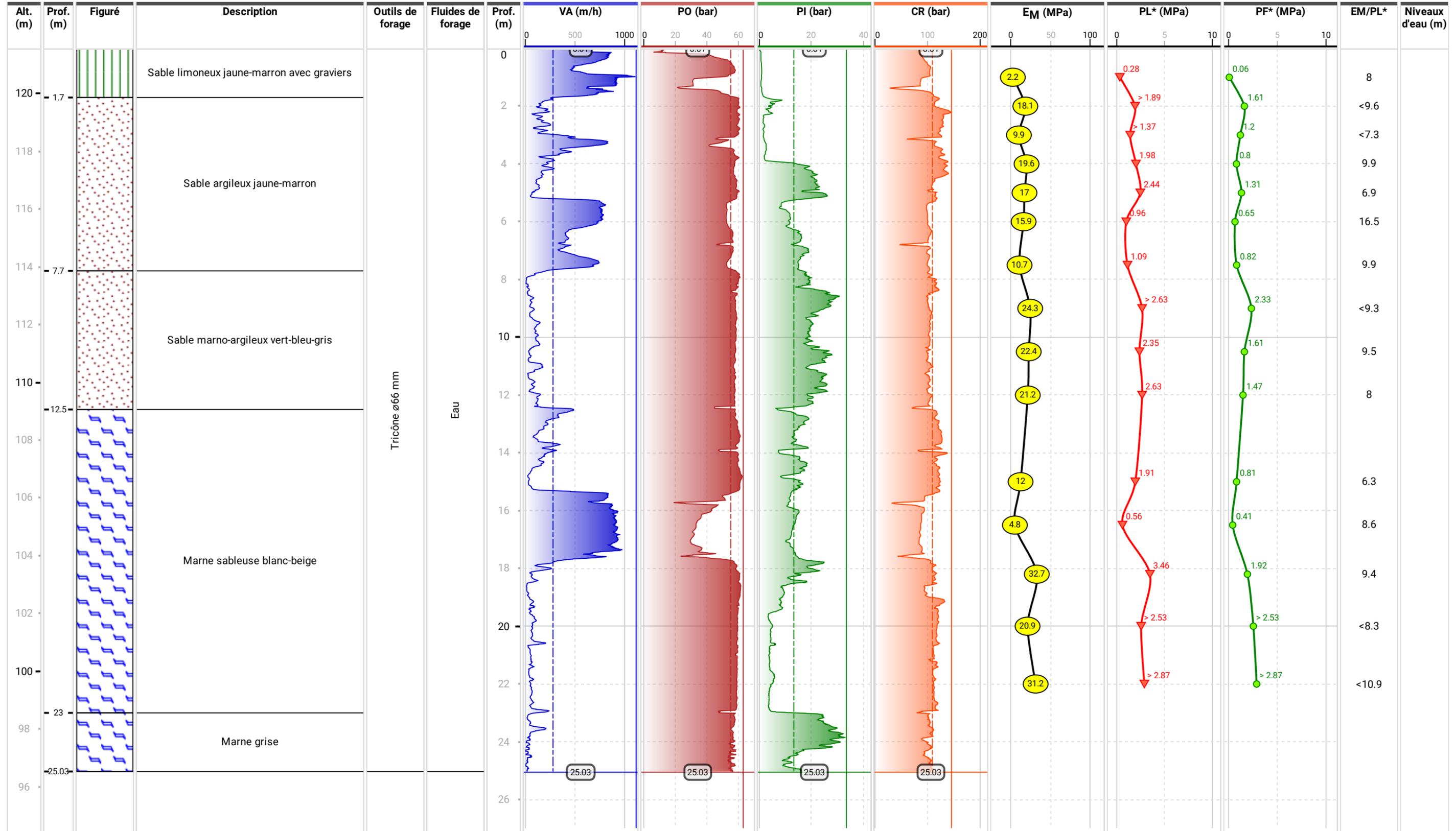


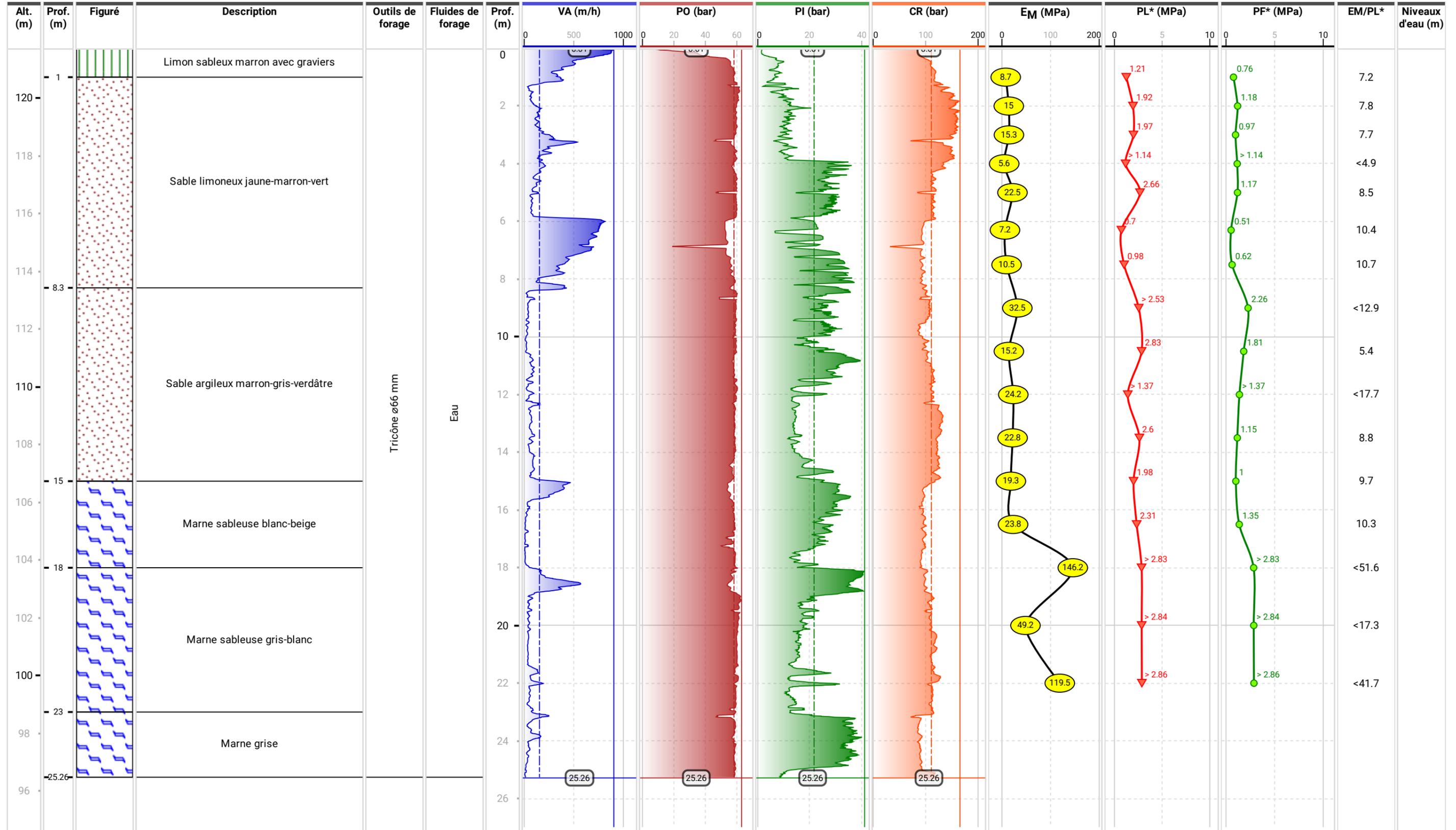
X 1642872,47      Y 8075627,73      Altitude GPS 121.59 m



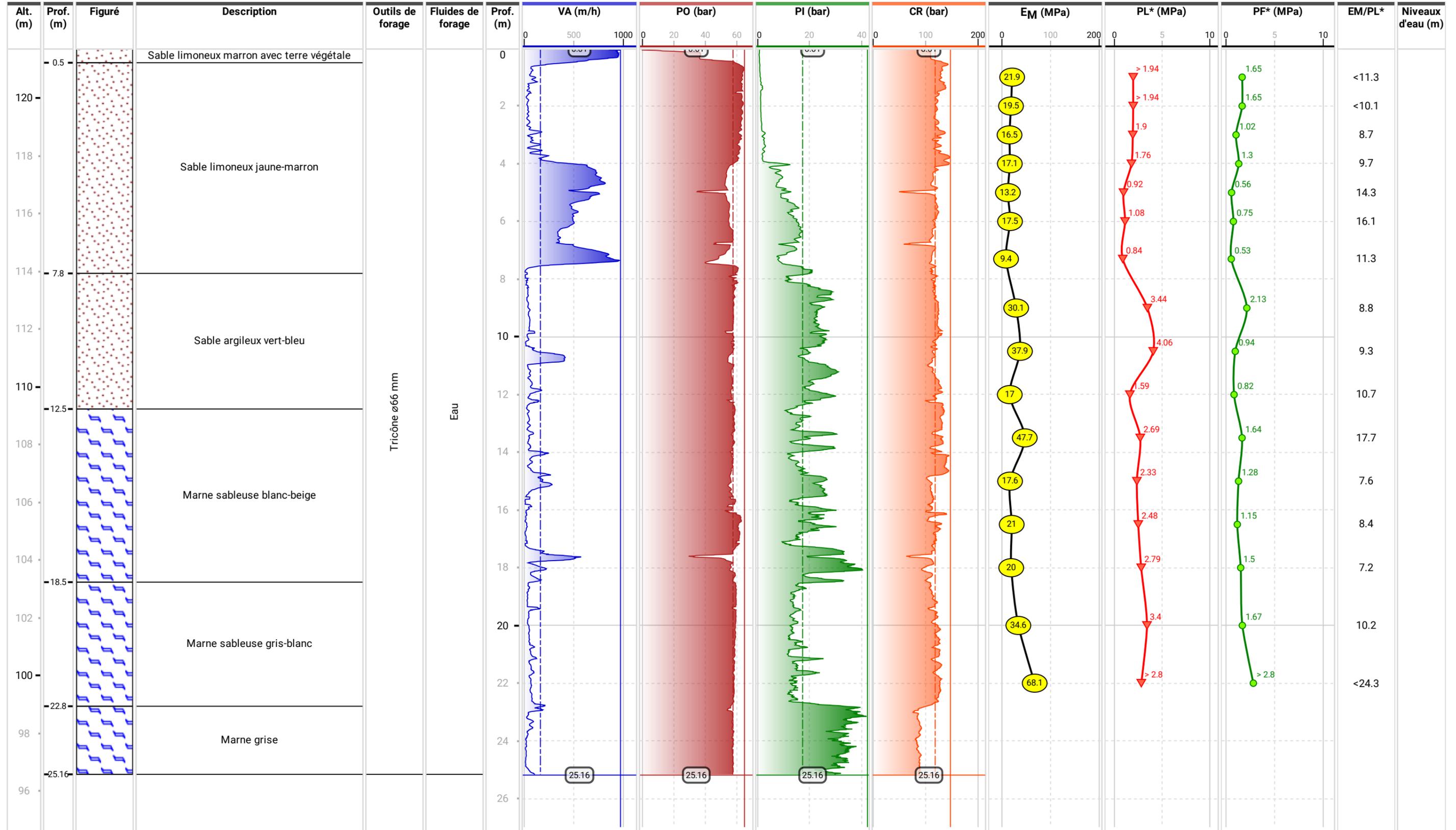


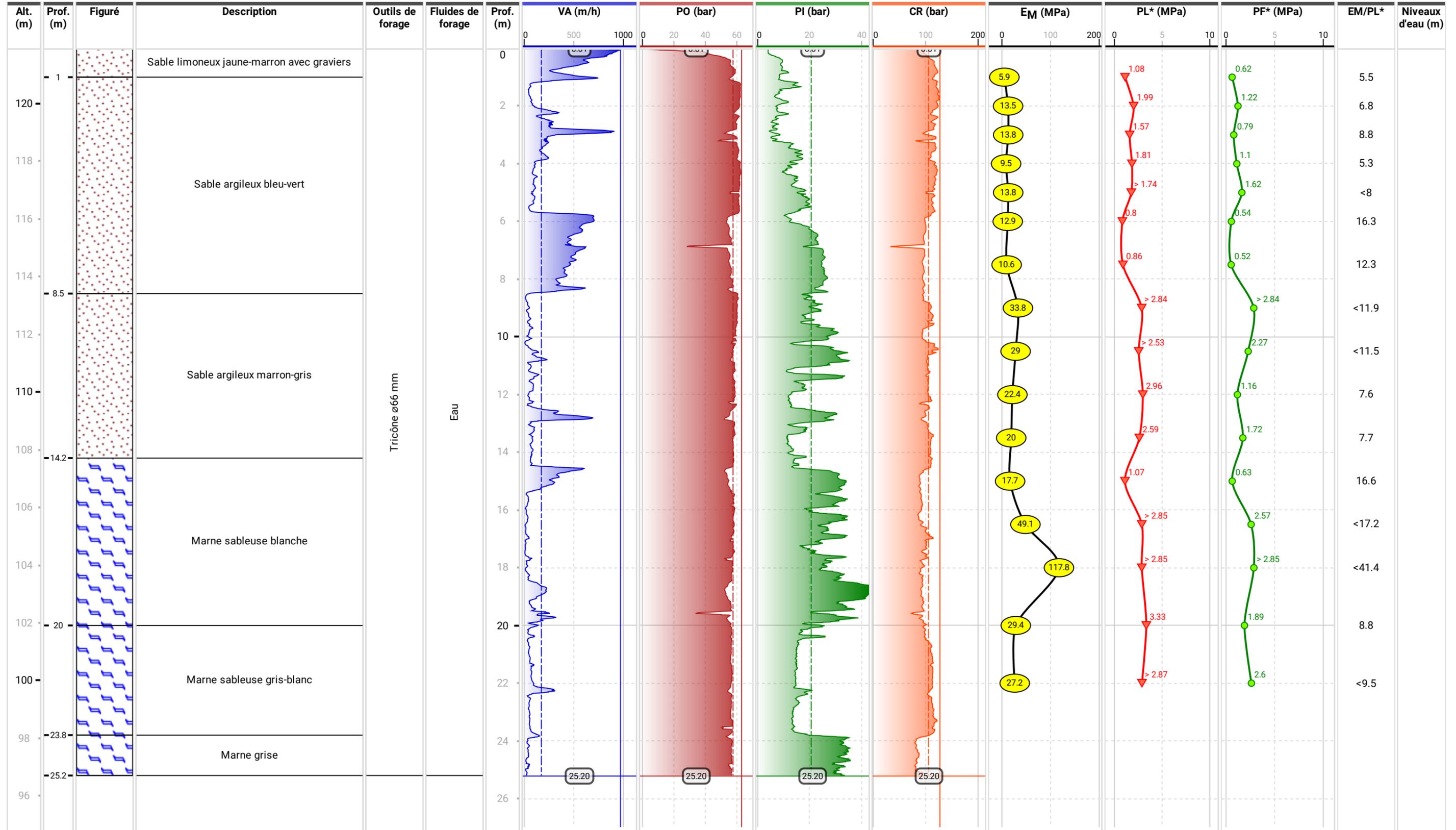
X 1642877,56      Y 8075599,04      Altitude GPS 121.56 m

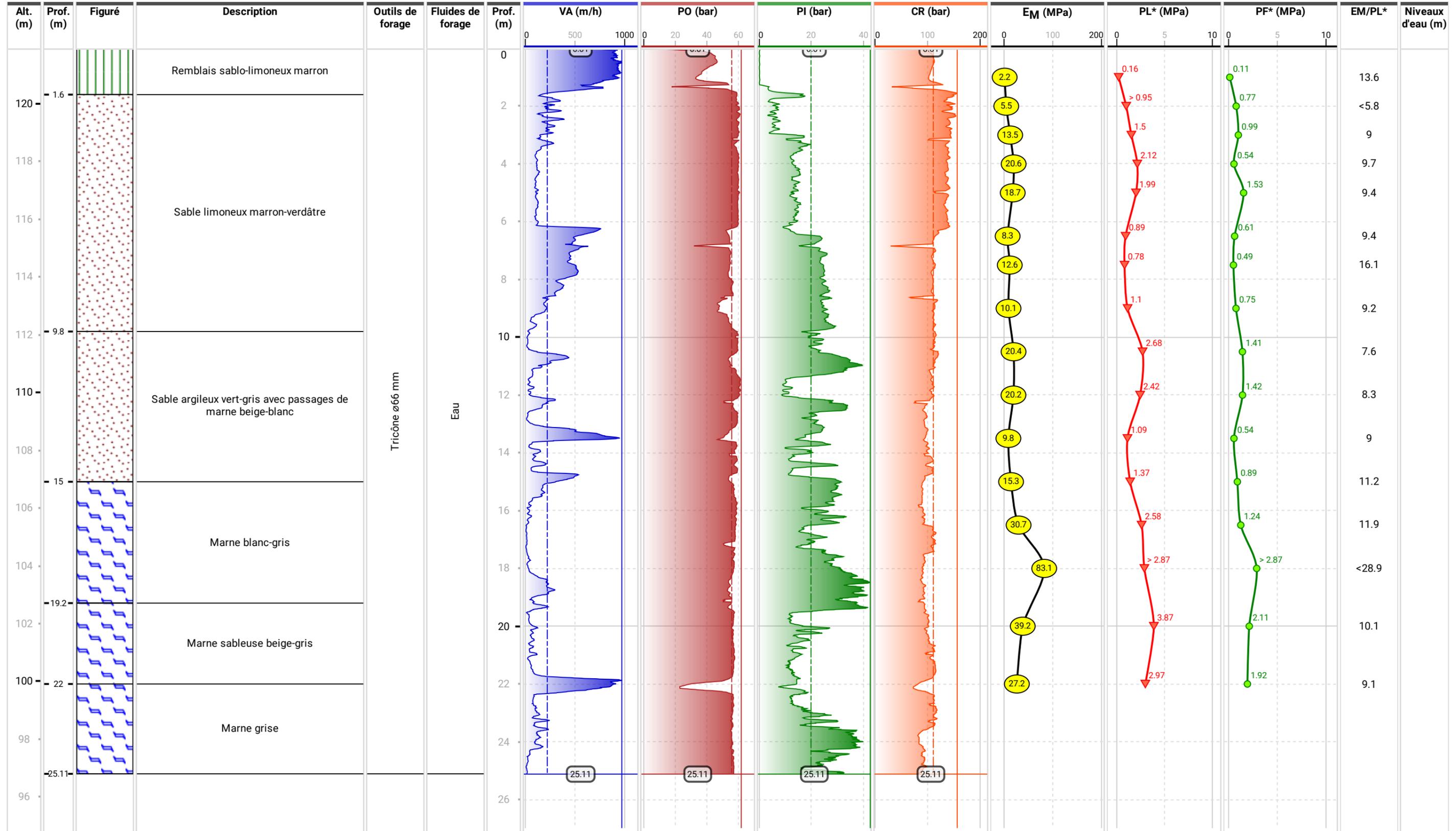


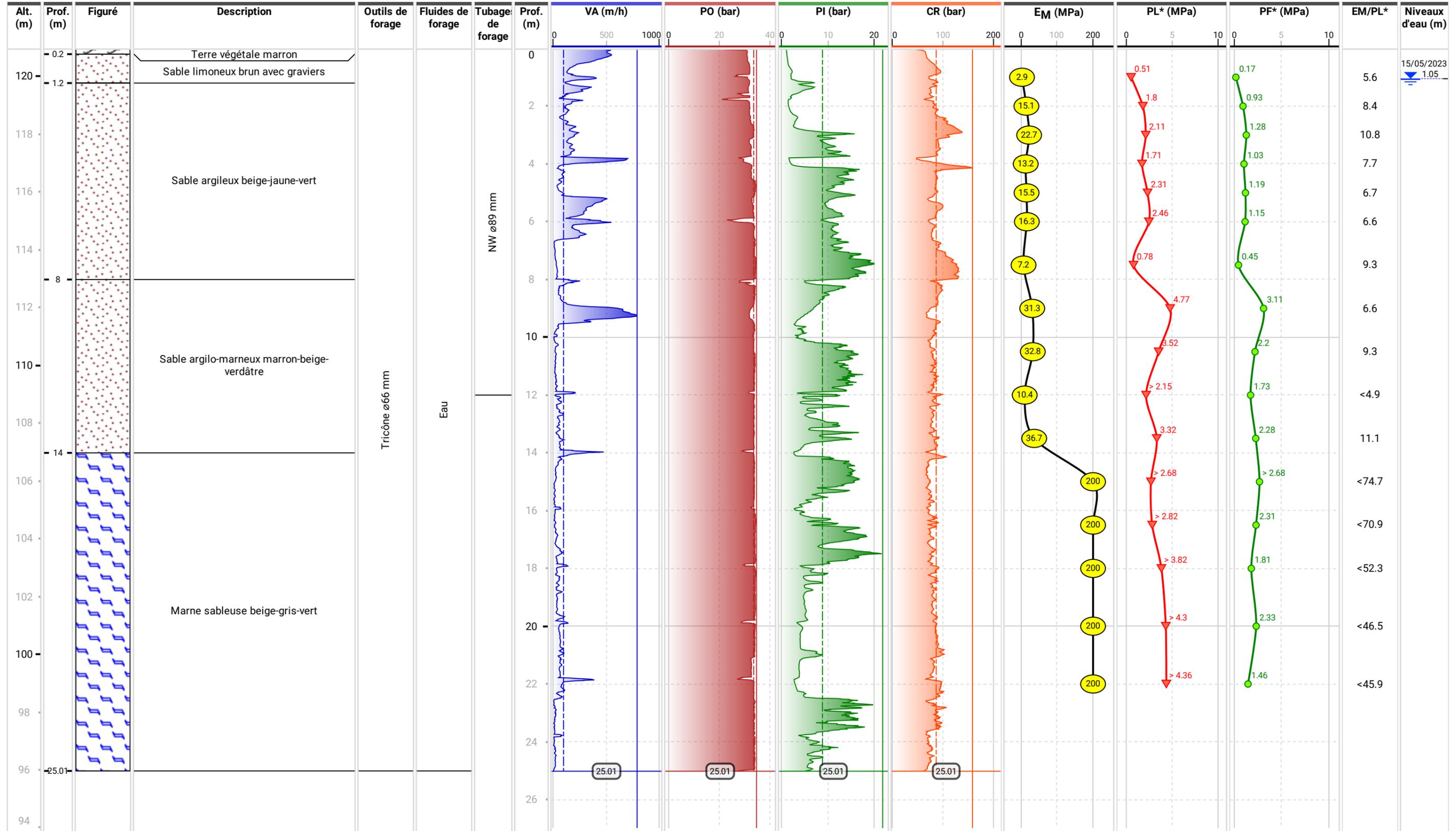


X 1642877,15      Y 8075580,423      Altitude GPS 121.73 m

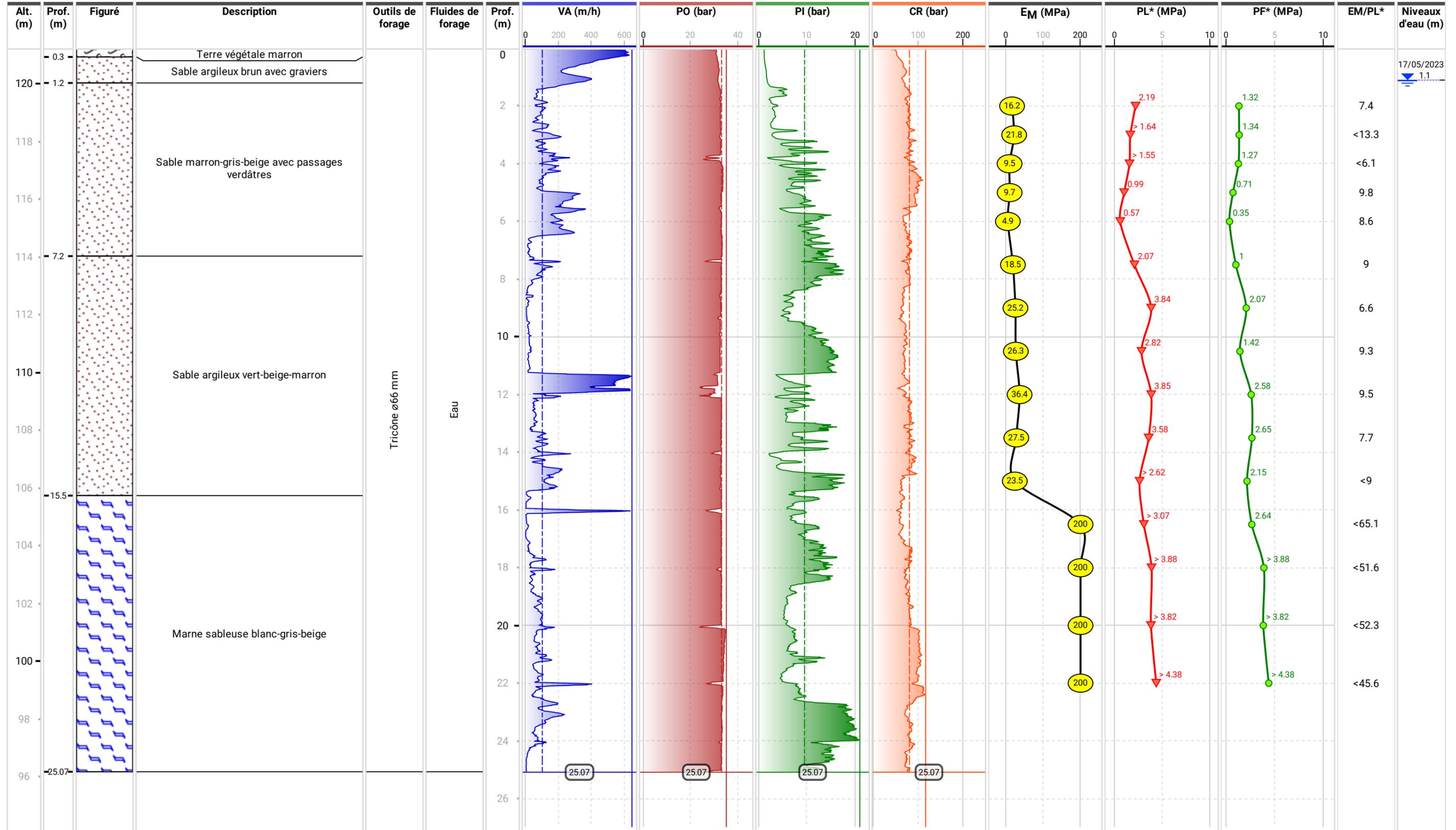


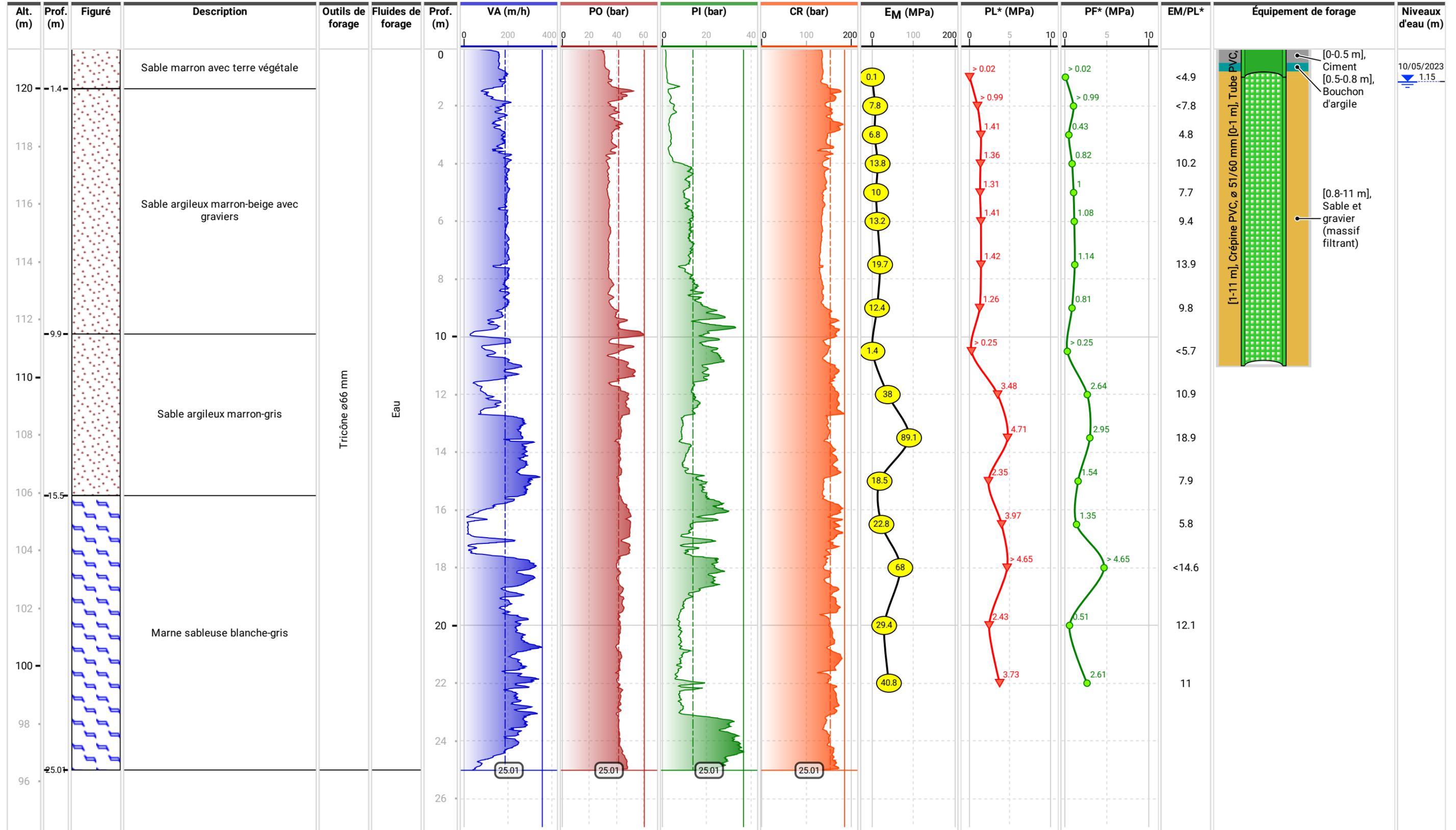




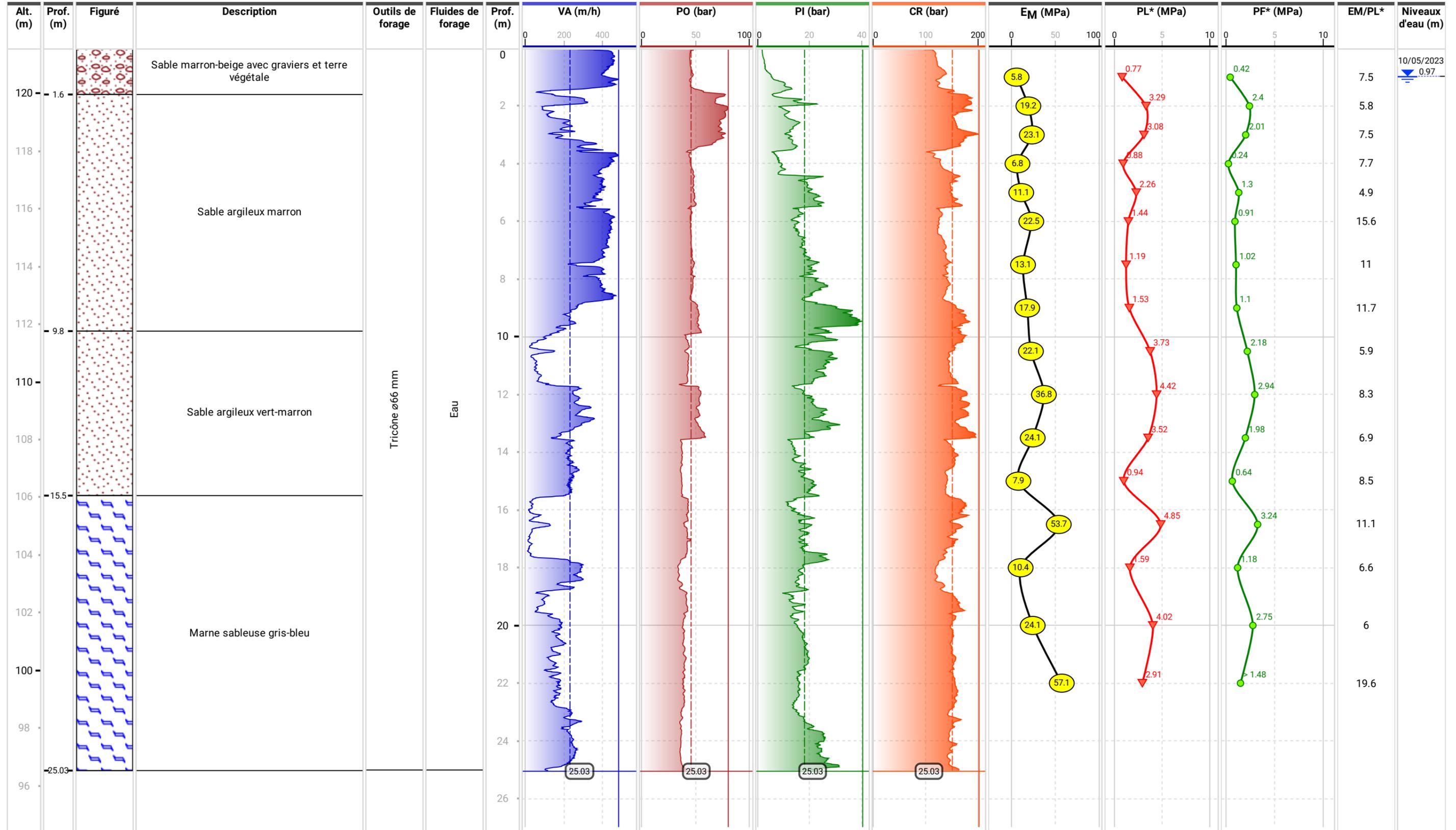


X 1642770,55 Y 8075597,29 Altitude GPS 121.24 m

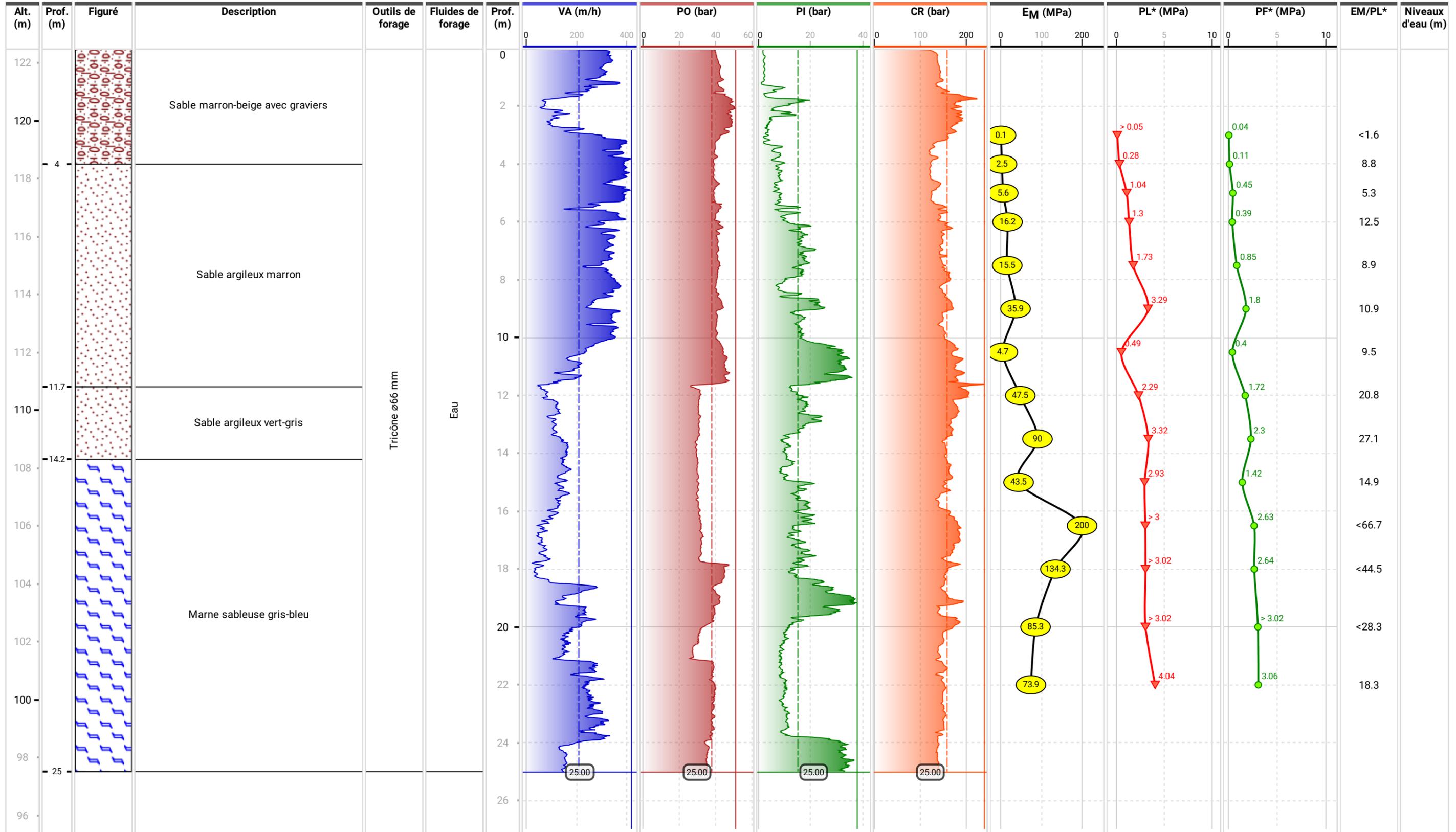




X 1642769,88      Y 8075533,9      Altitude GPS 121.56 m



X 1642650,45      Y 8075472,08      Altitude GPS 122.51 m



# ANNEXE 5 :

## PROCES VERBAUX DES ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE

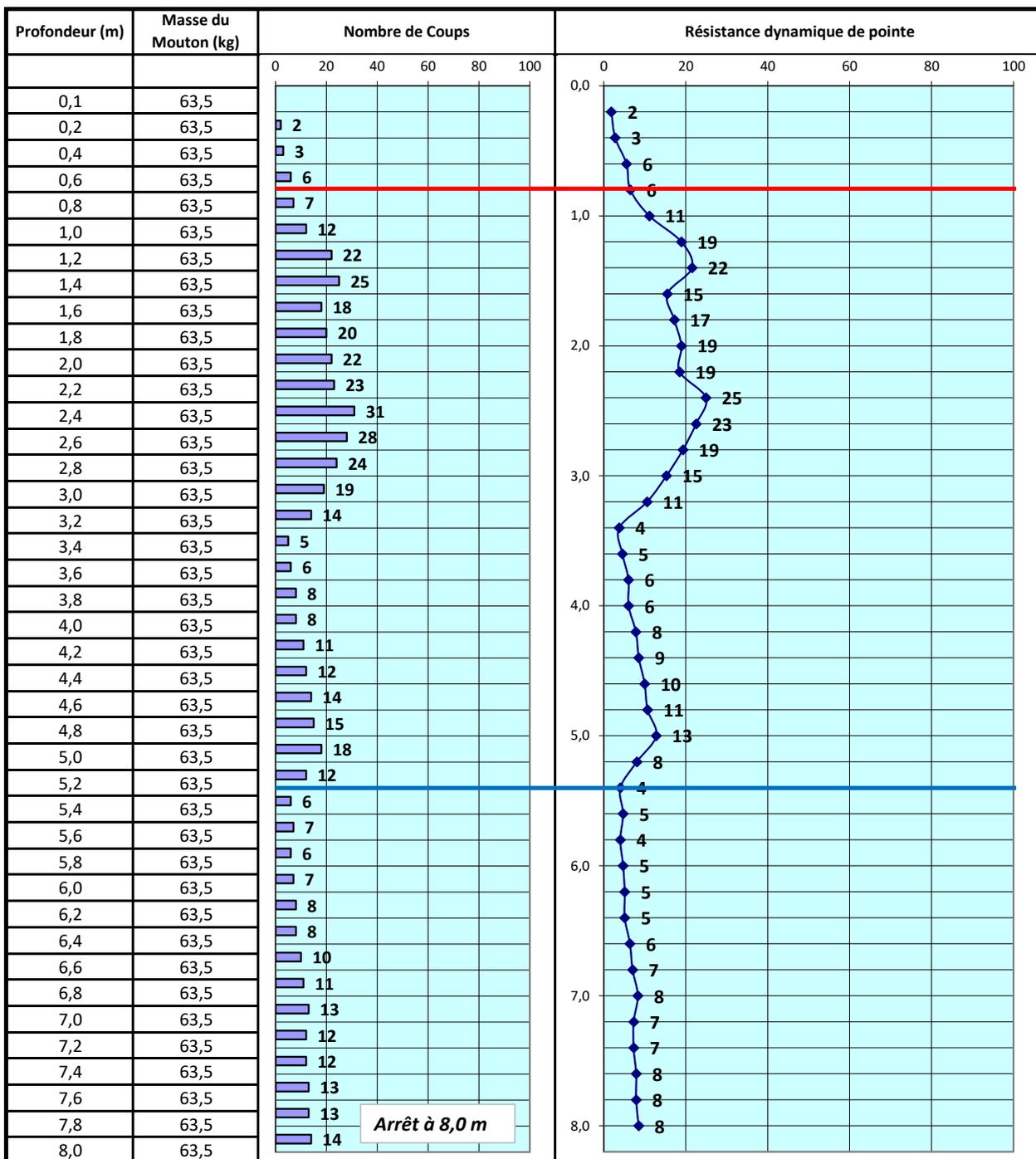


# PD101

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,30 m

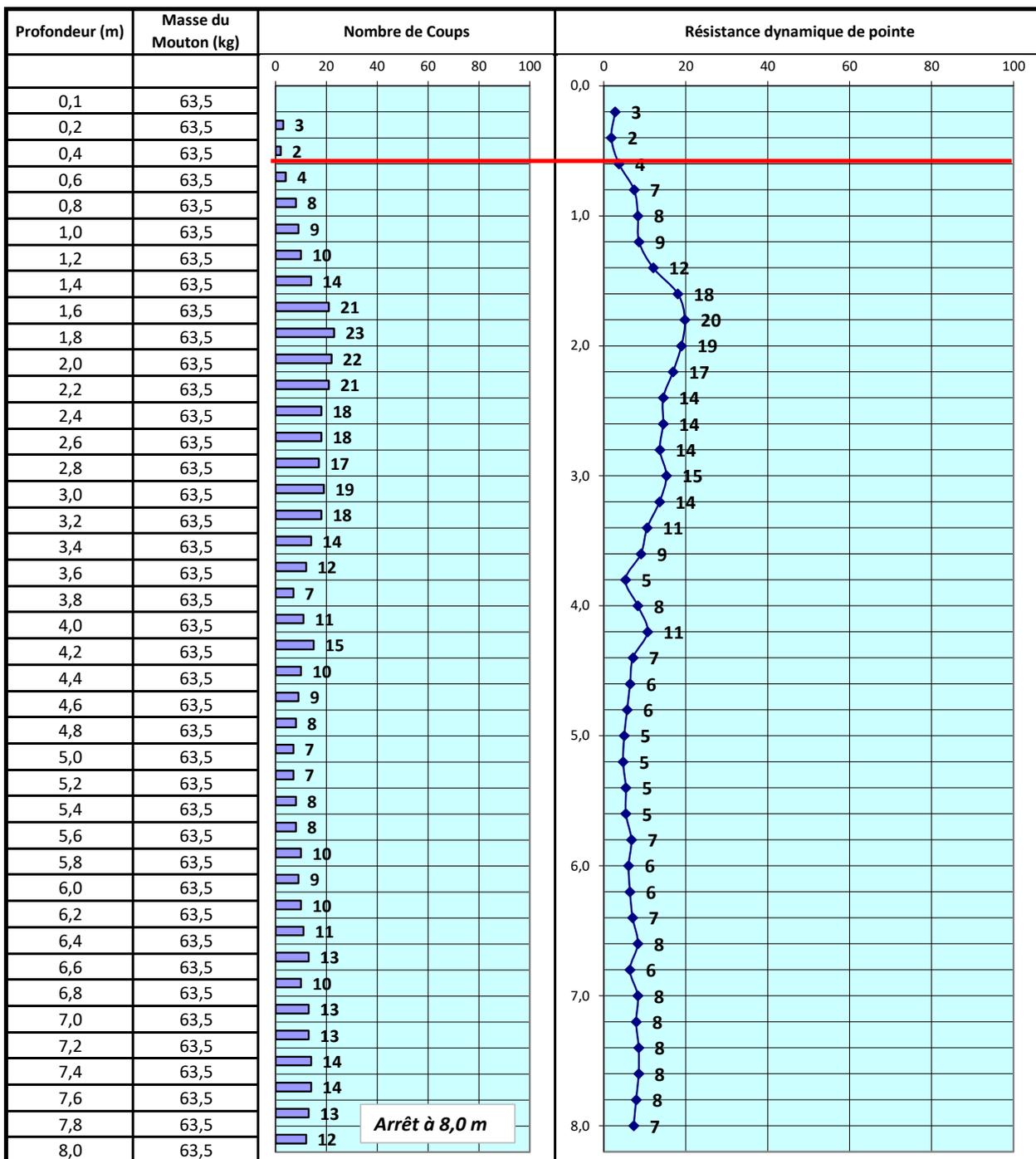


# PD102

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinai - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,50 m

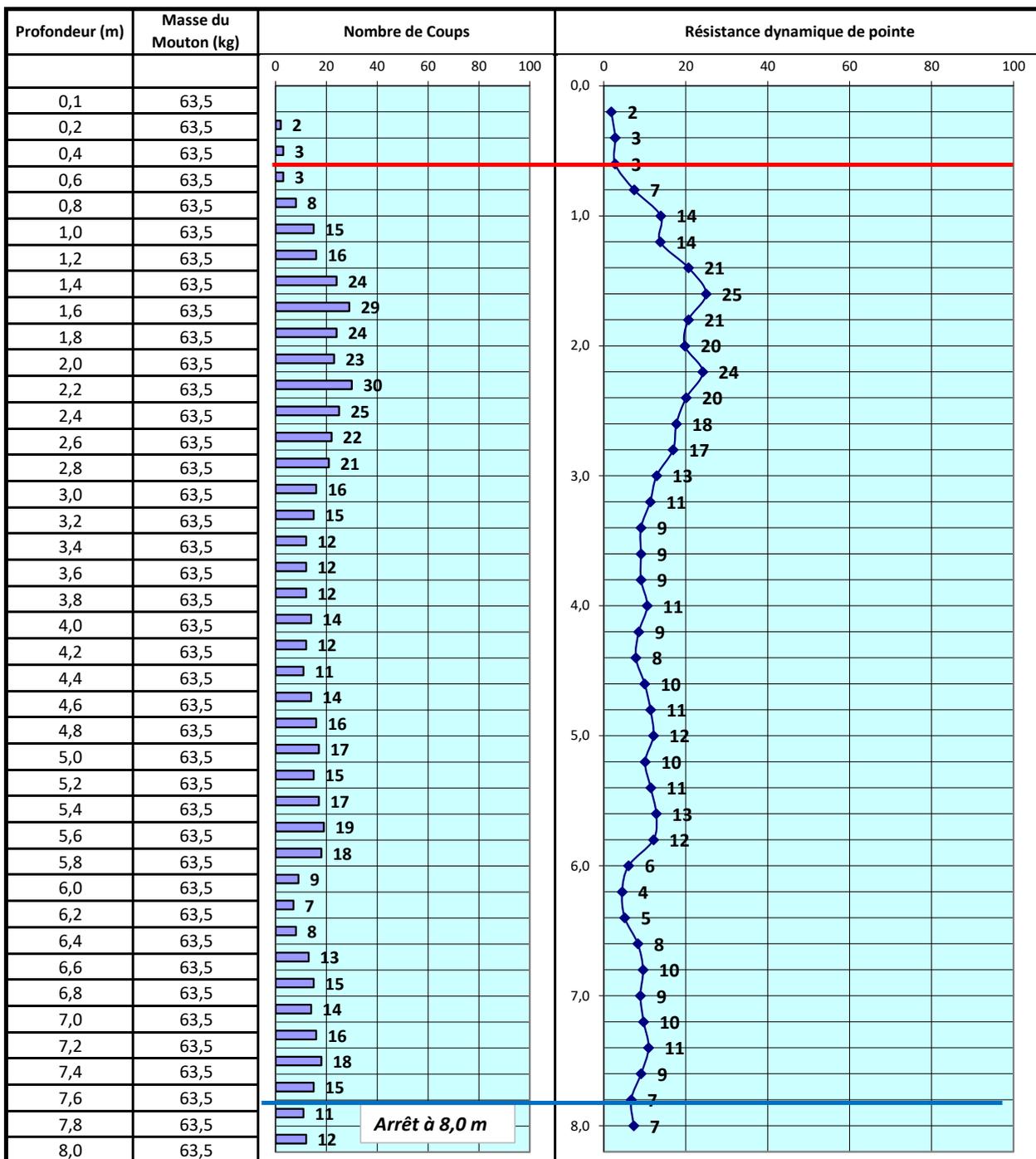


# PD103

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinai - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	2,00 m

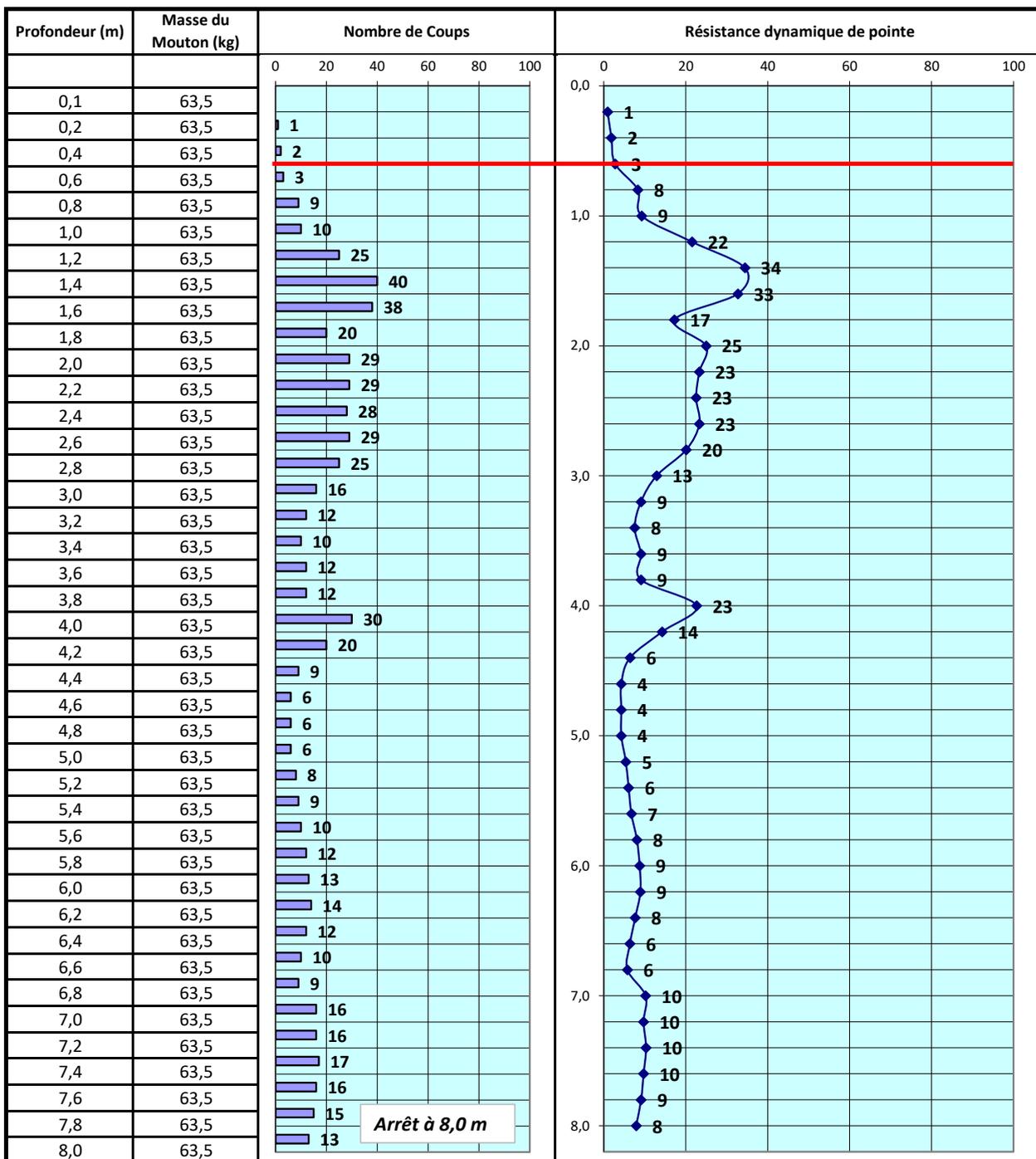


# PD104

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinçais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,50 m

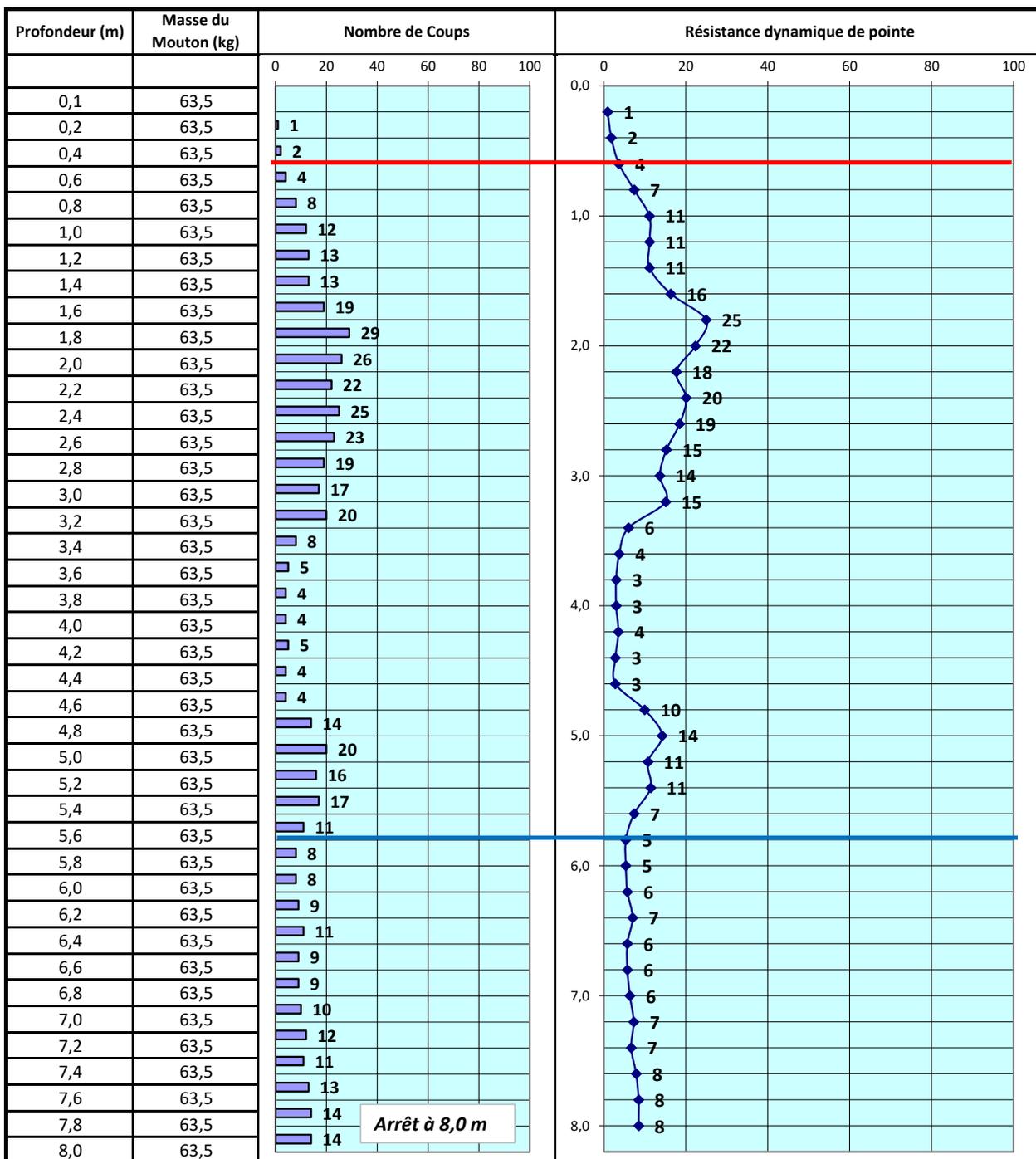


# PD105

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,30 m

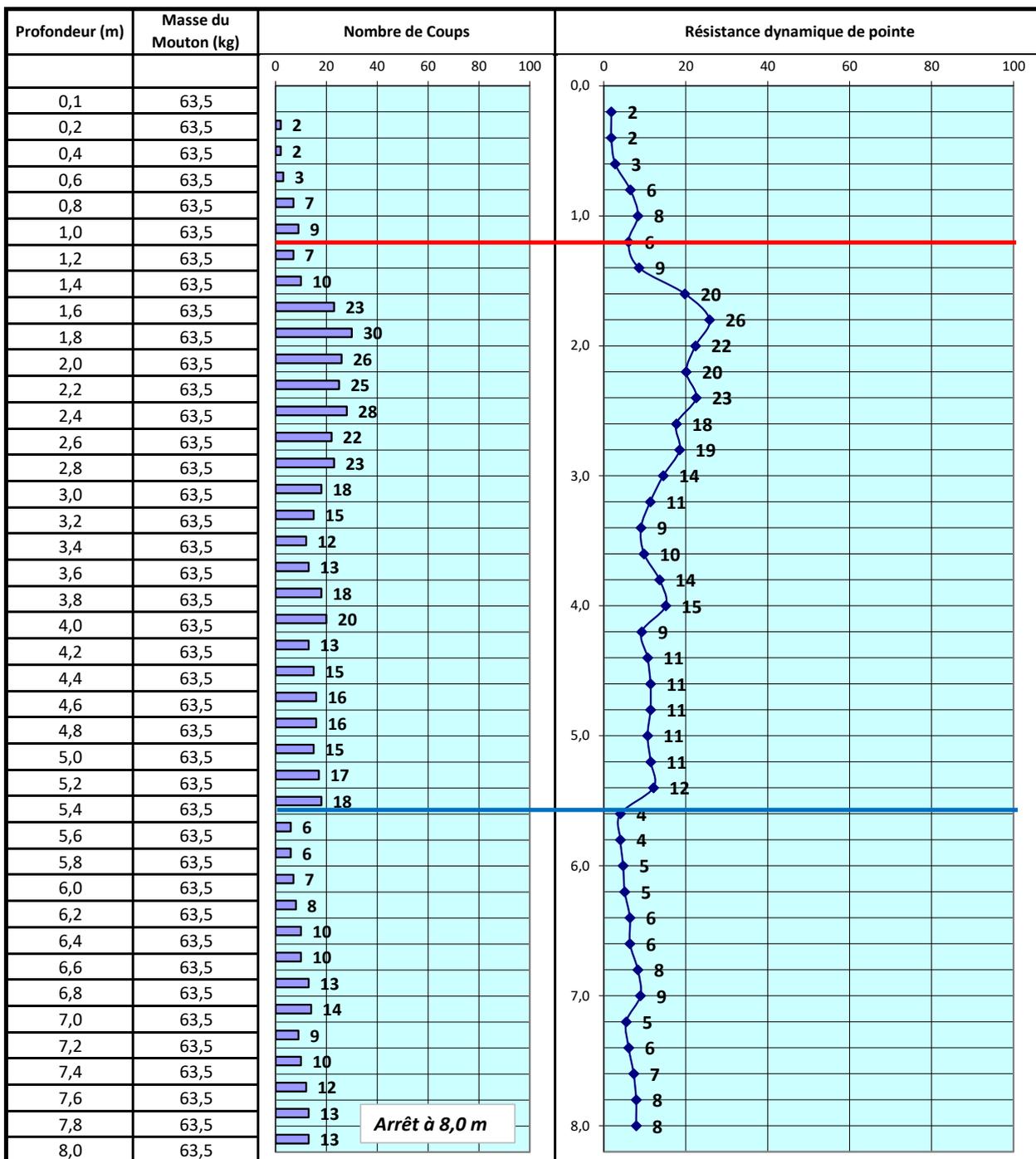


# PD106

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,90 m

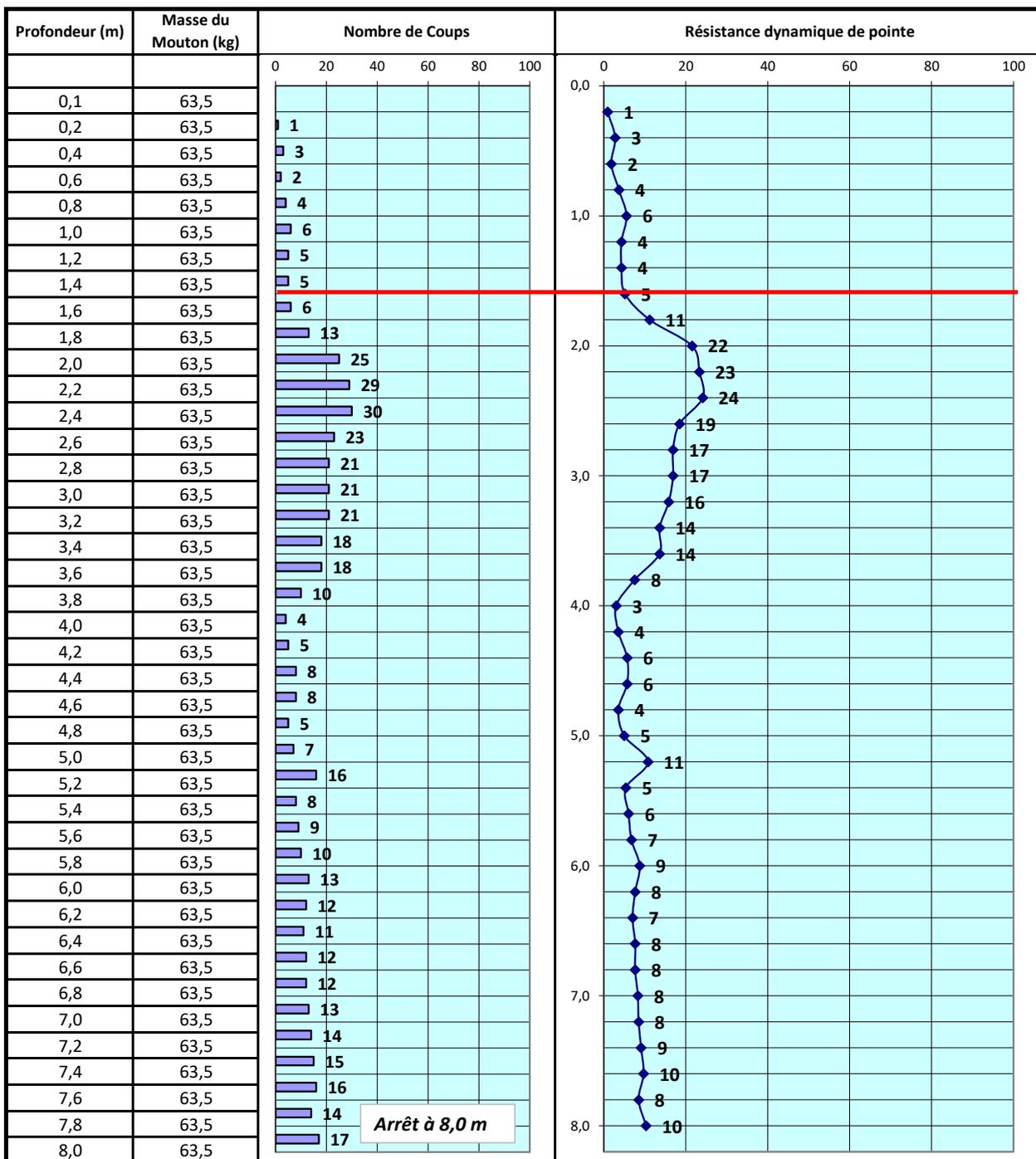


# PD107

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,50 m

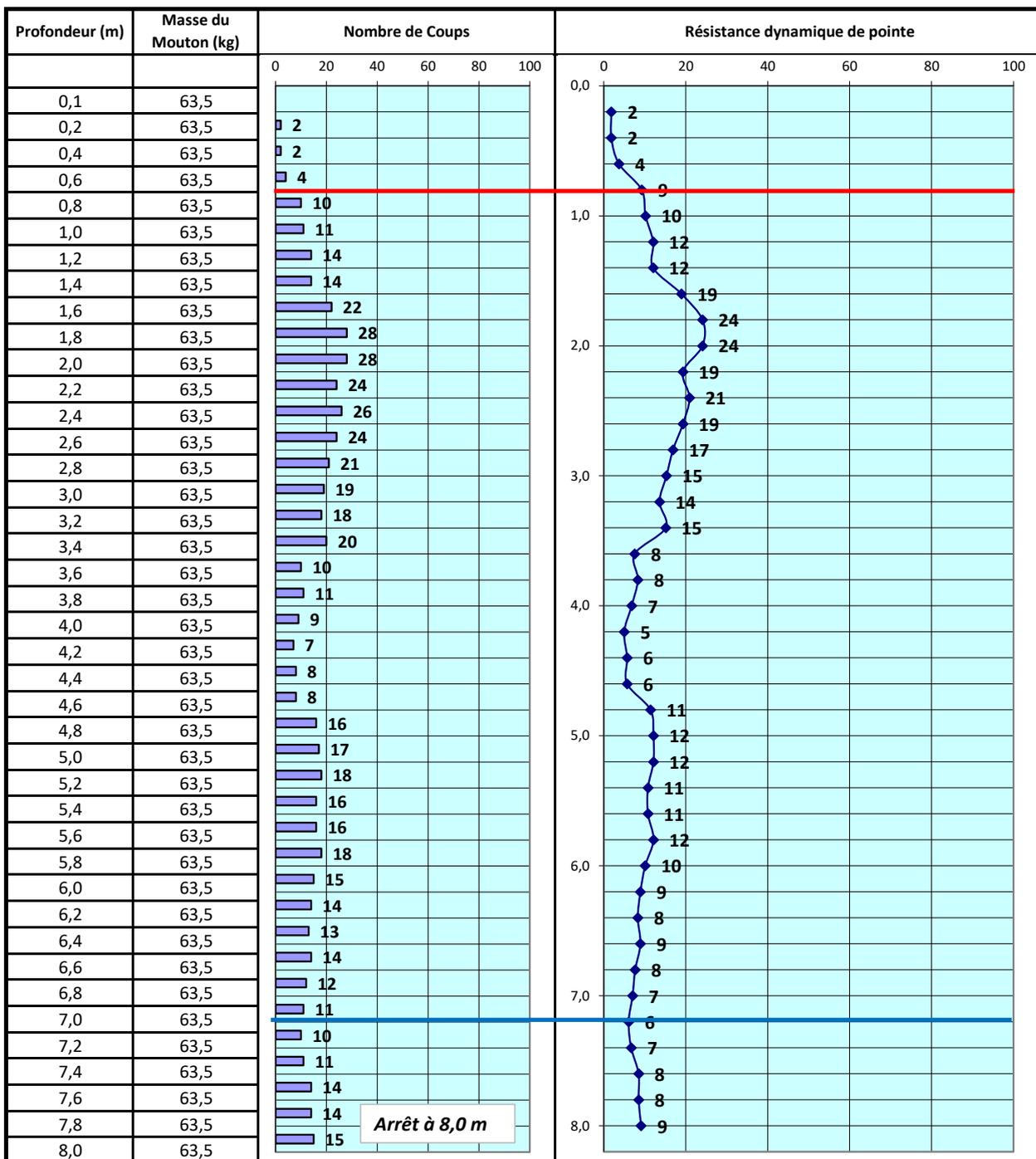


# PD108

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,40 m

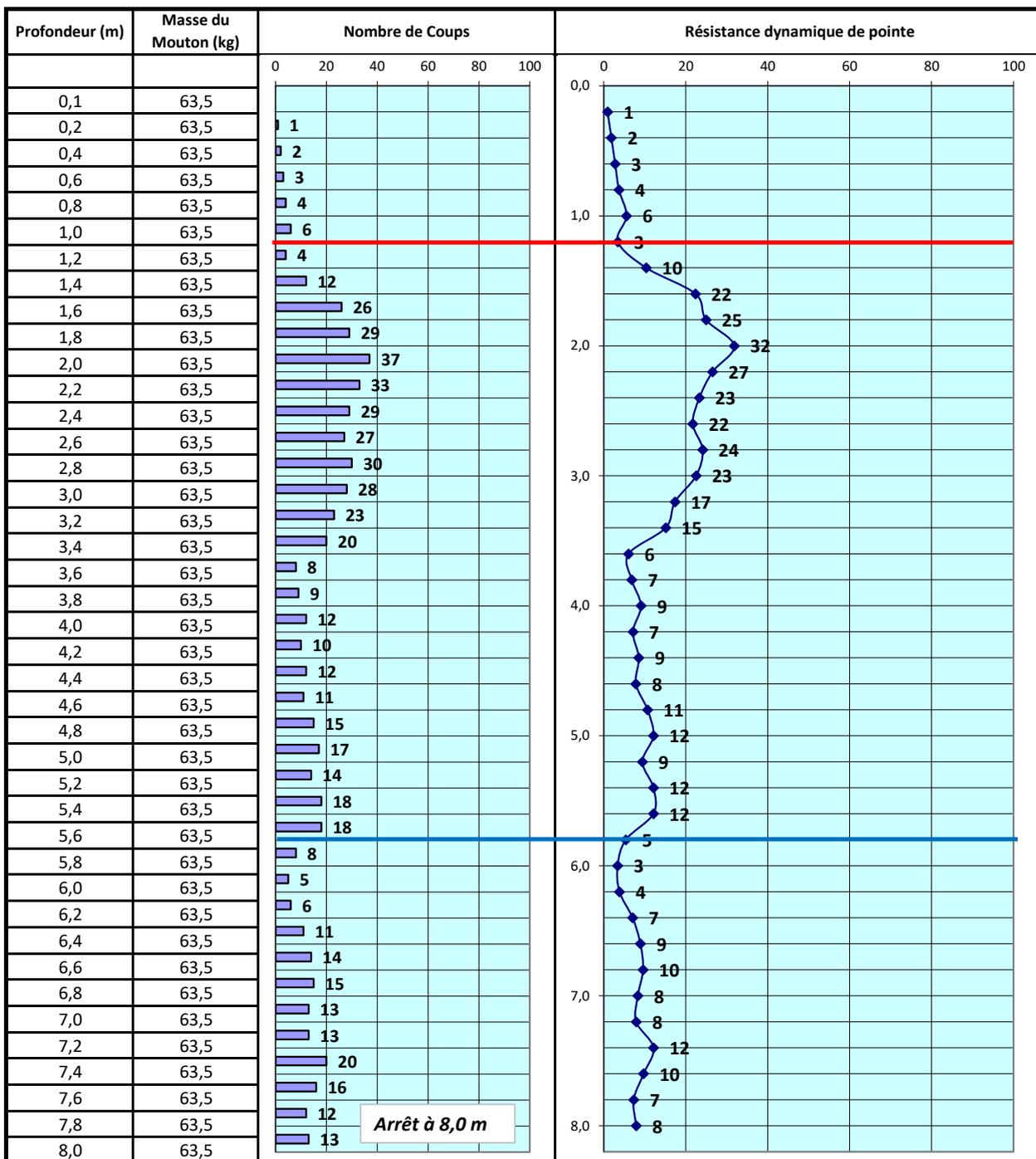


# PD109

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinçais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	2,20 m

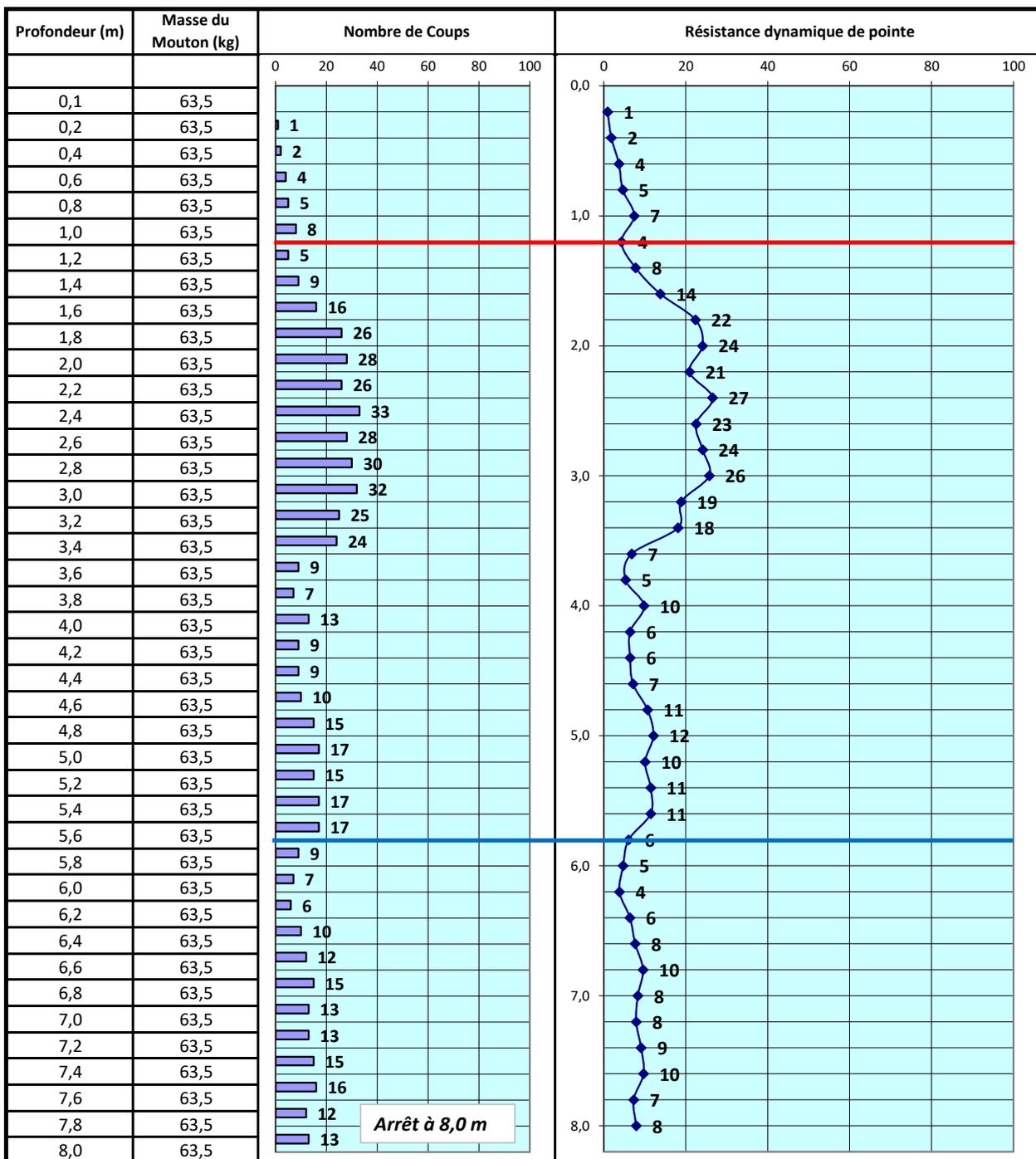


# PD110

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	2,20 m

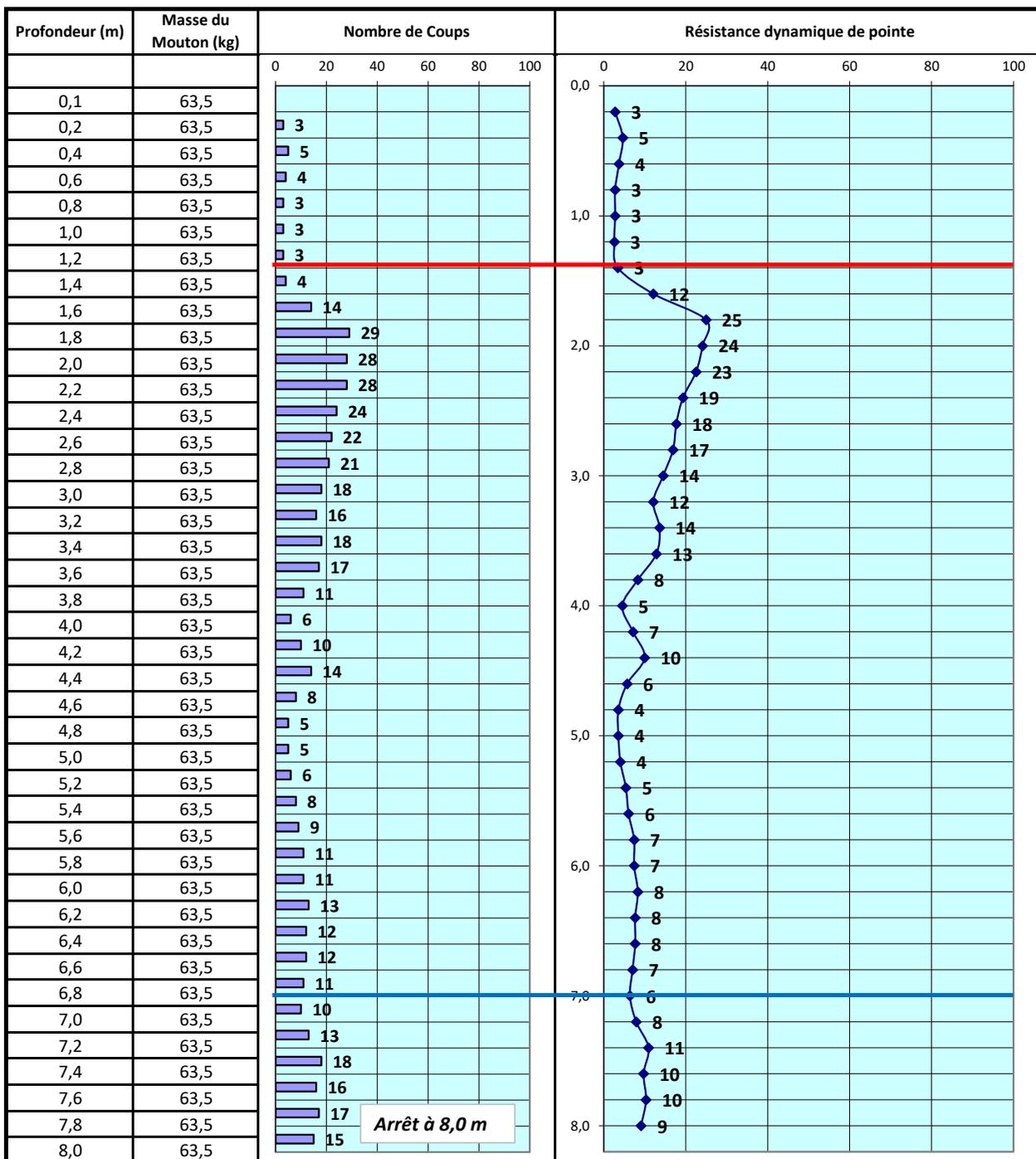


# PD111

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,70 m

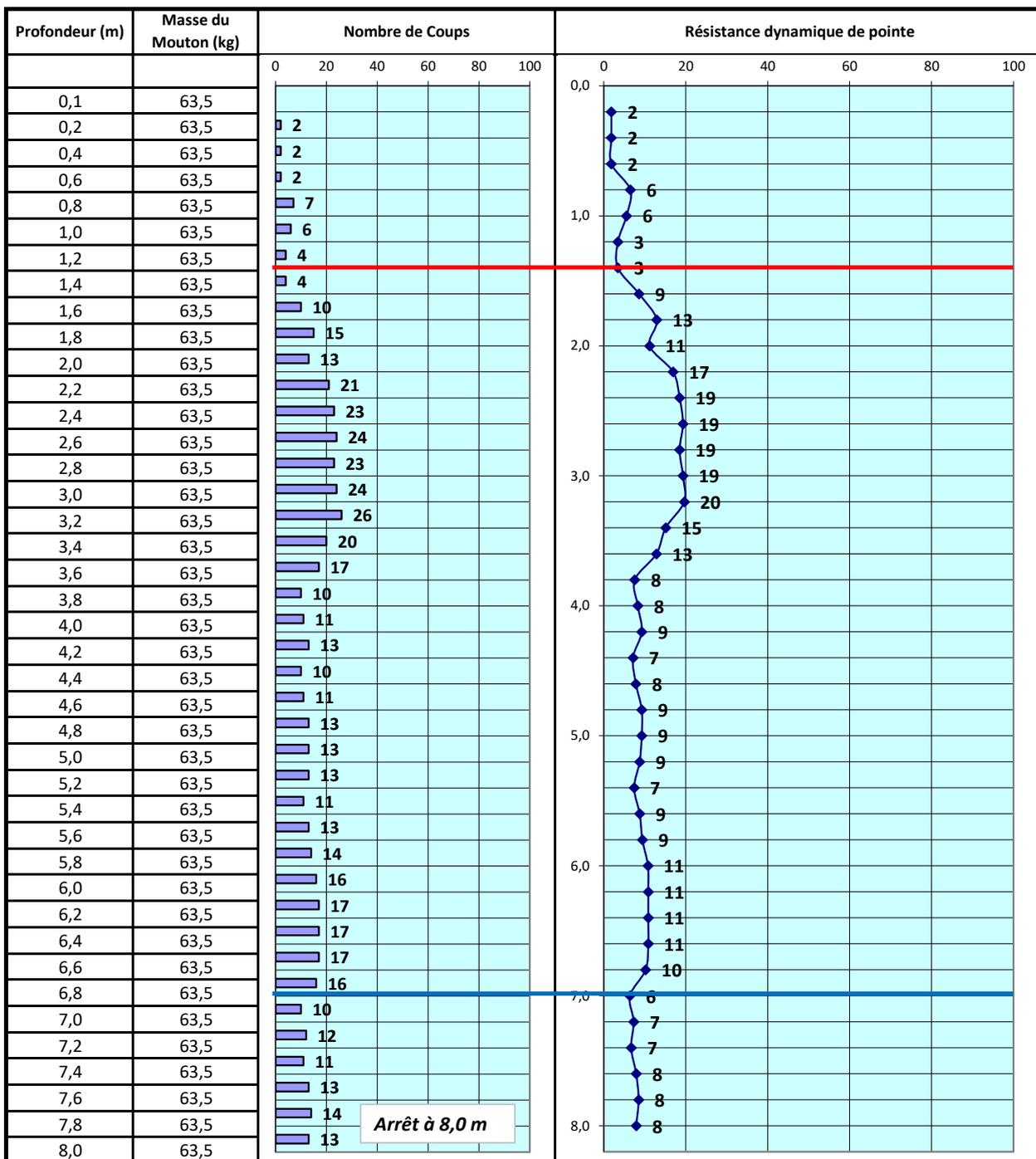


# PD112

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,30 m

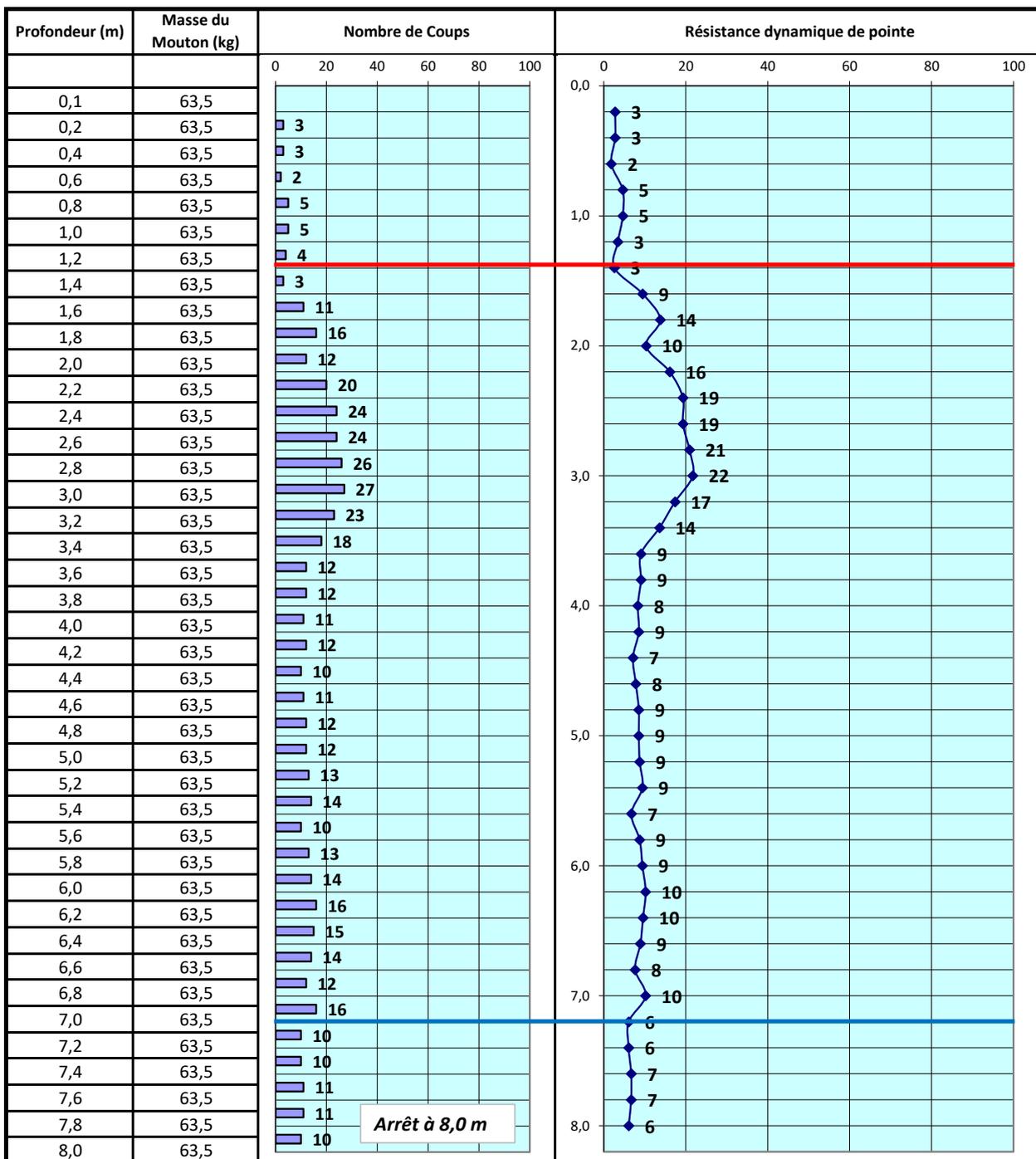


# PD113

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,30 m

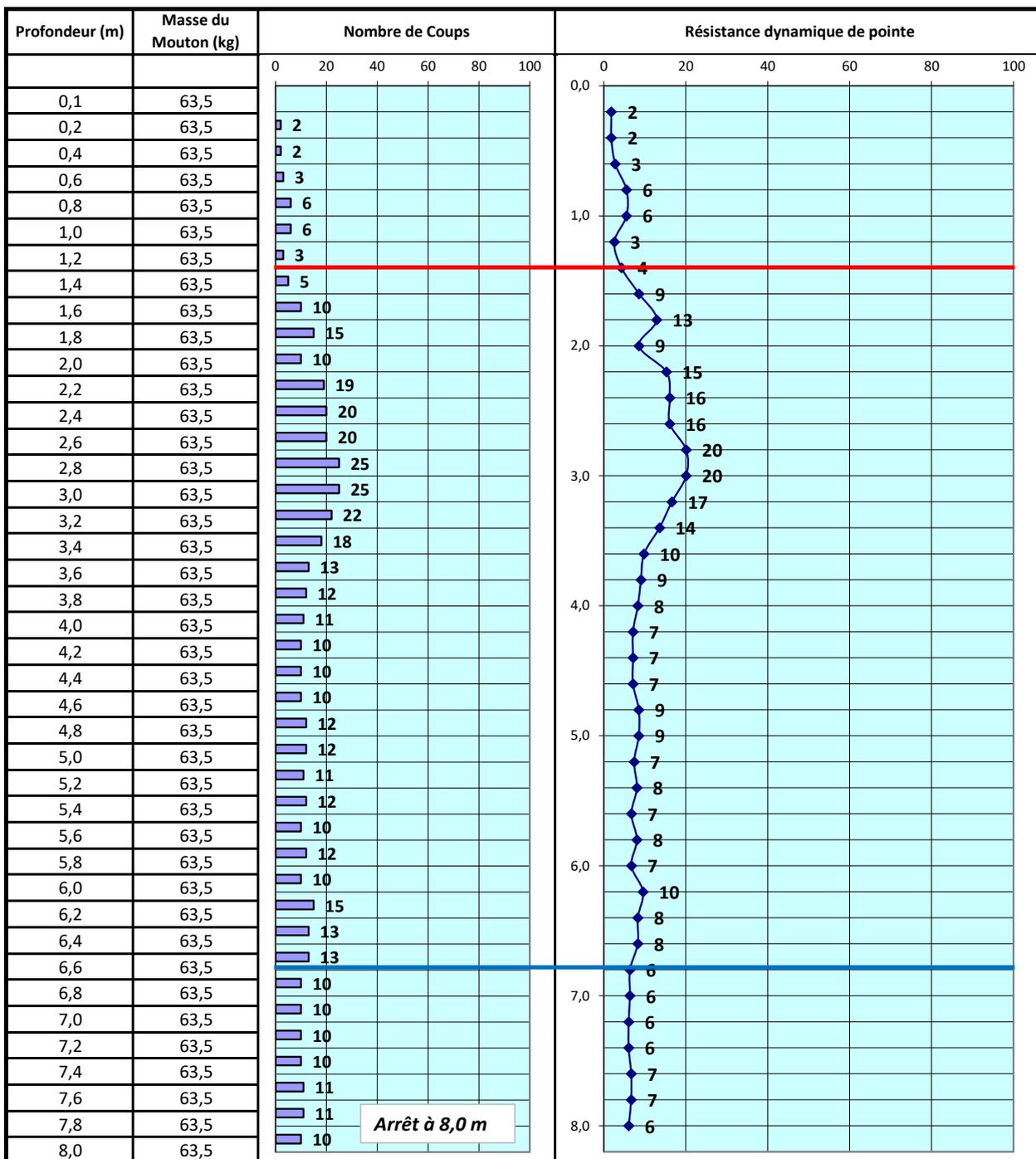


# PD114

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,30 m

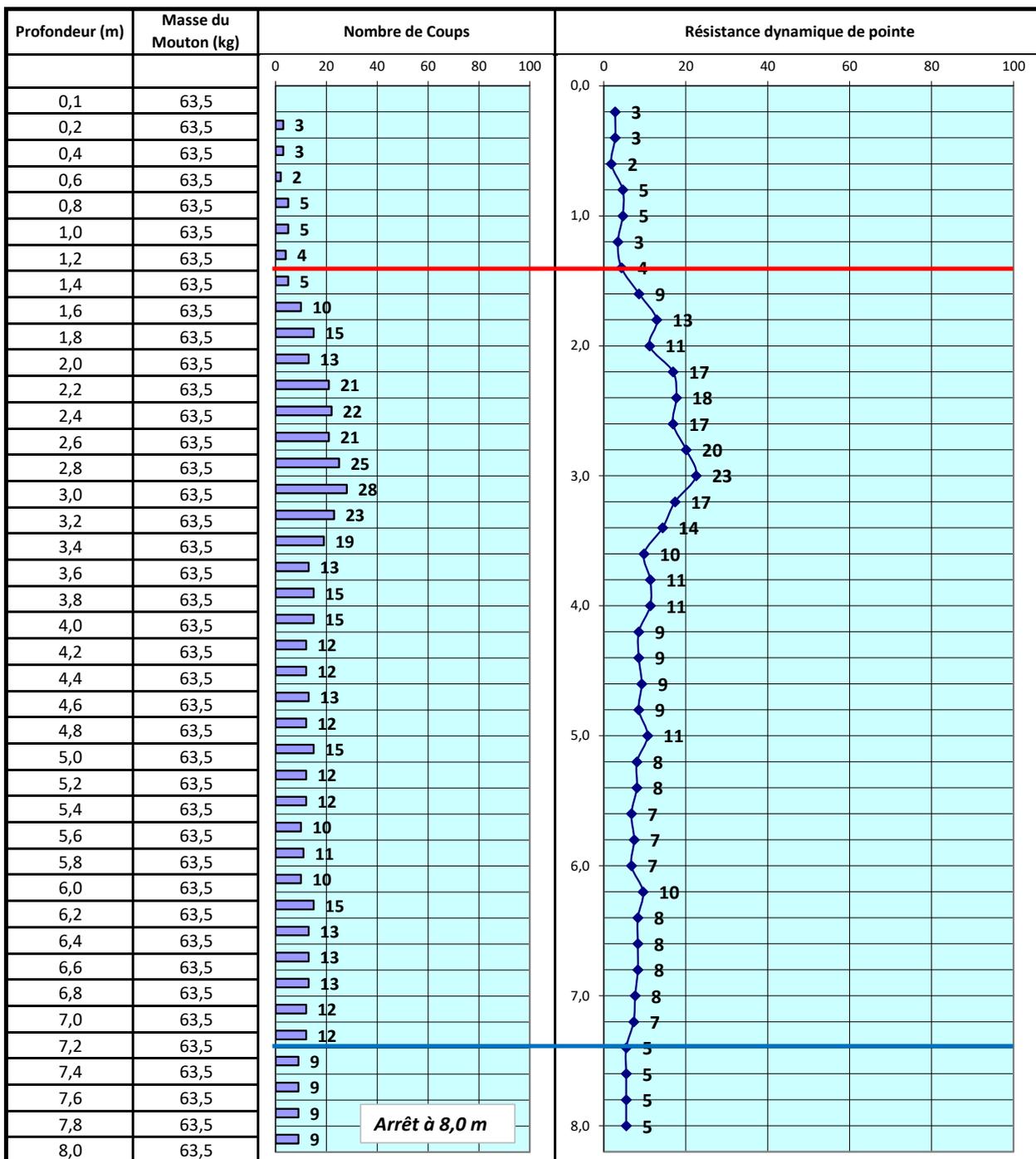


# PD115

Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire

Avenue du Gâtinçais - Châteauneuf sur Loire (45)

Dossier n° :	PA23 9103	Date :	22/05/2023
Client :	Centre Val de Loire	Niveau d'eau :	1,20 m



## ANNEXE 6 :

# PROCES VERBAUX DES PELLER MECANIKUES



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

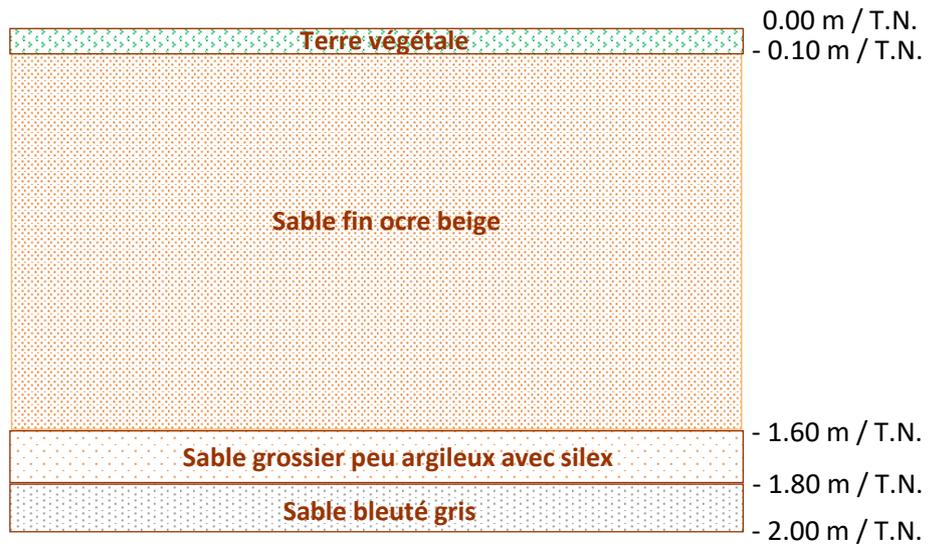
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM101**

Côte NGF : **121,2 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

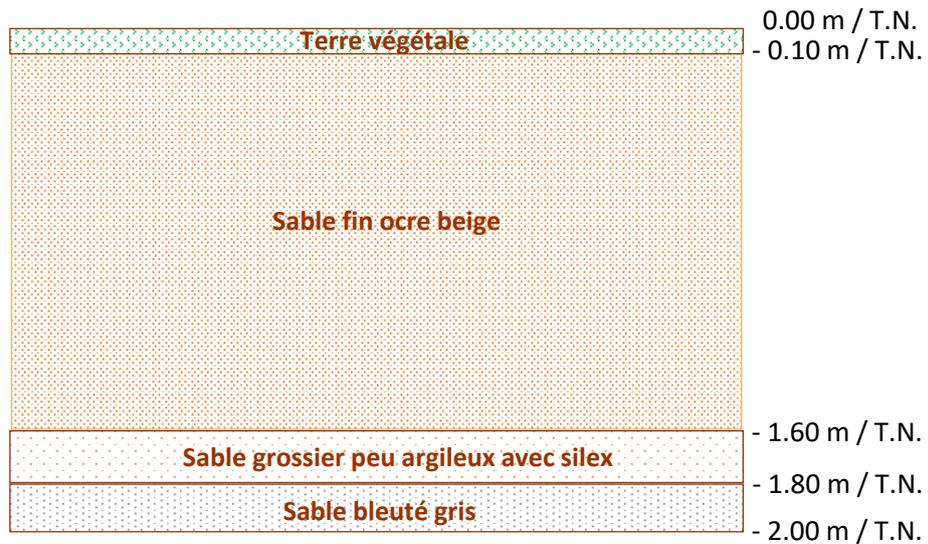
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM102**

Côte NGF : **120,8 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

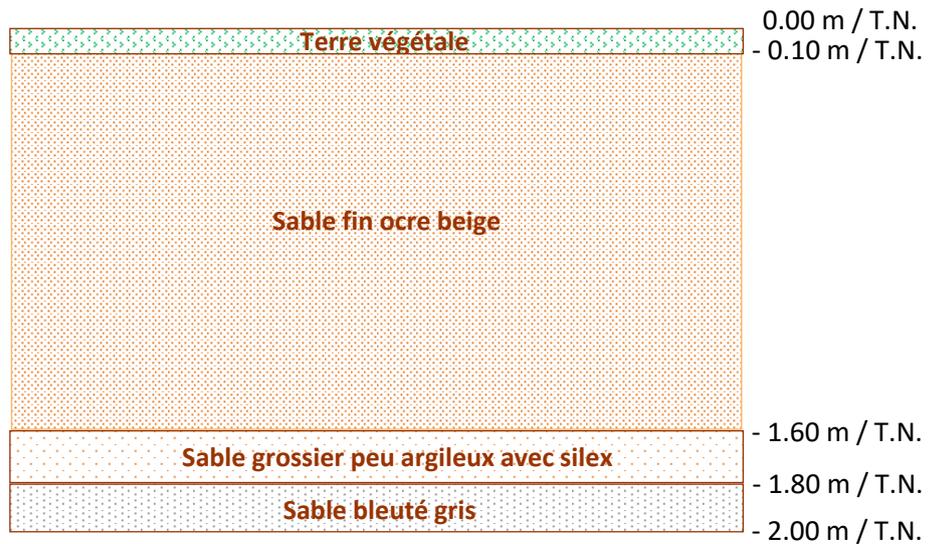
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM104**

Côte NGF : **121,5 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

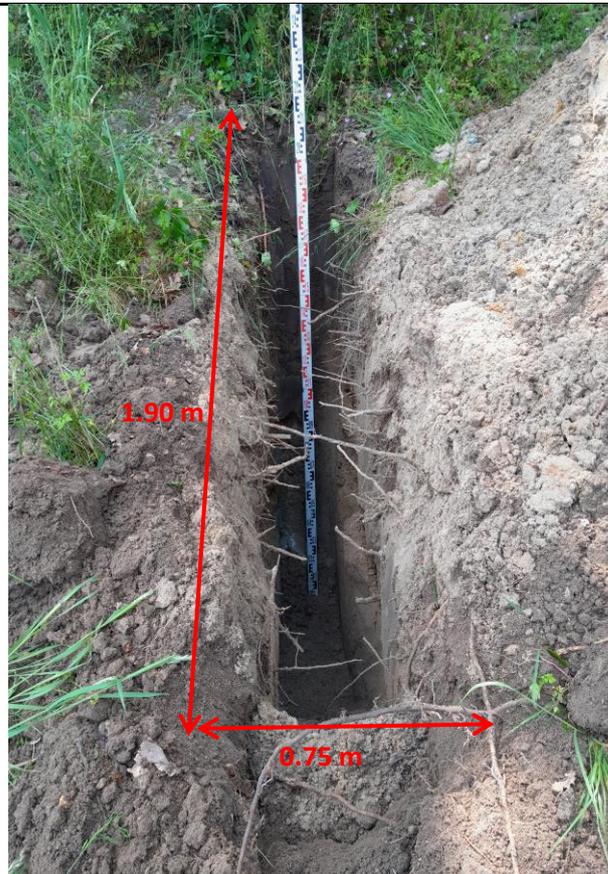
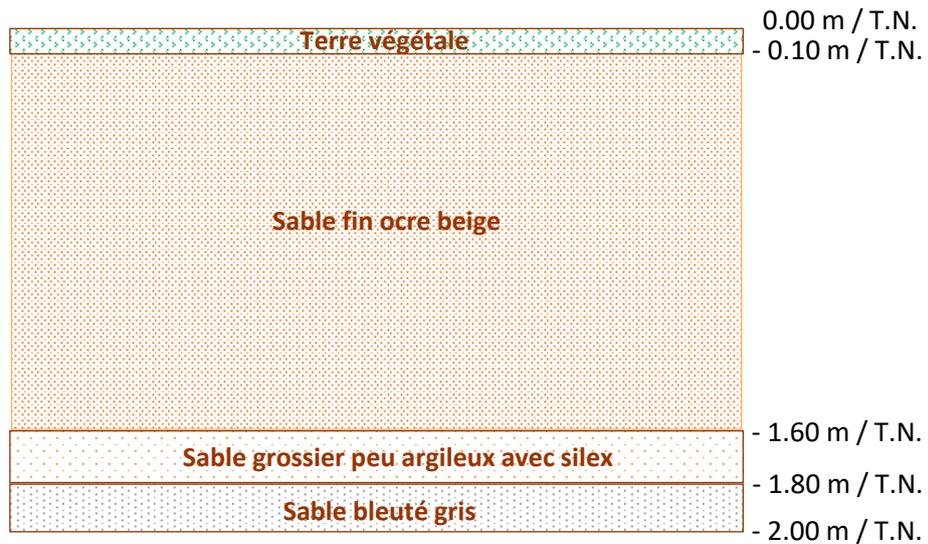
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM105**

Côte NGF : **121 NGF**

**Coupe**



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

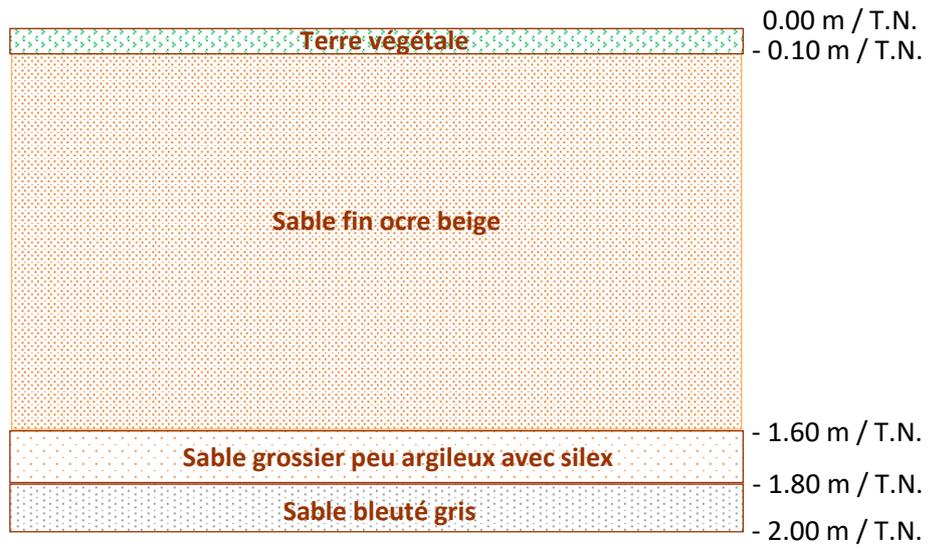
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM106**

Côte NGF : **121,4 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

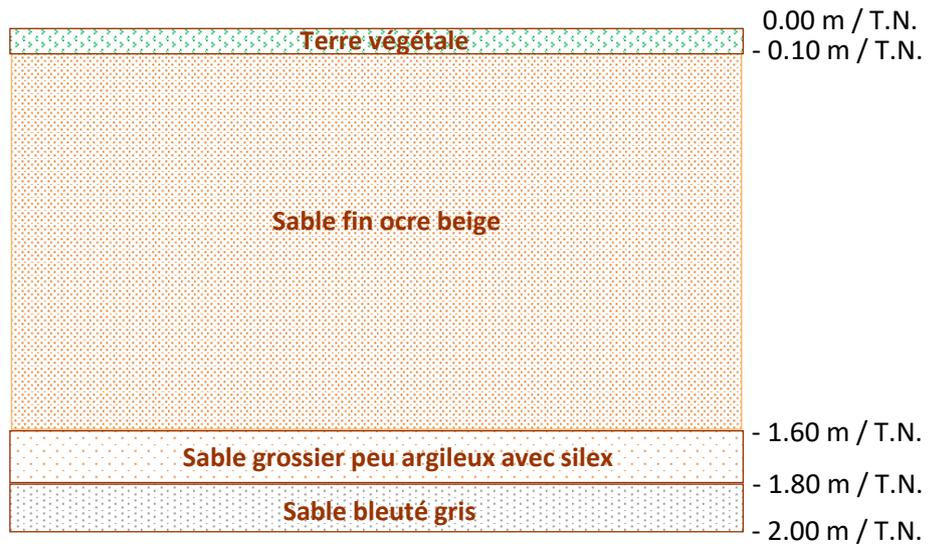
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM107**

Côte NGF : **121,5 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

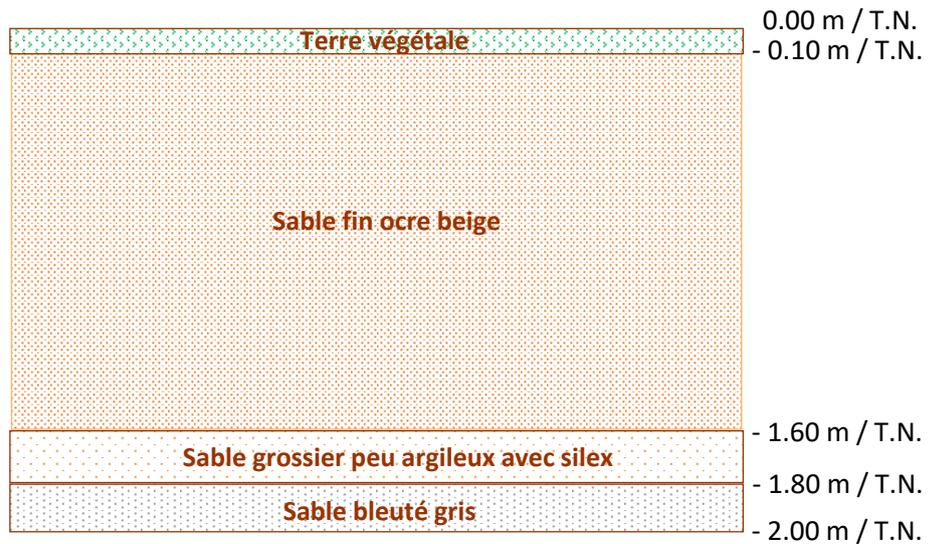
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM109**

Côte NGF : **121,5 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

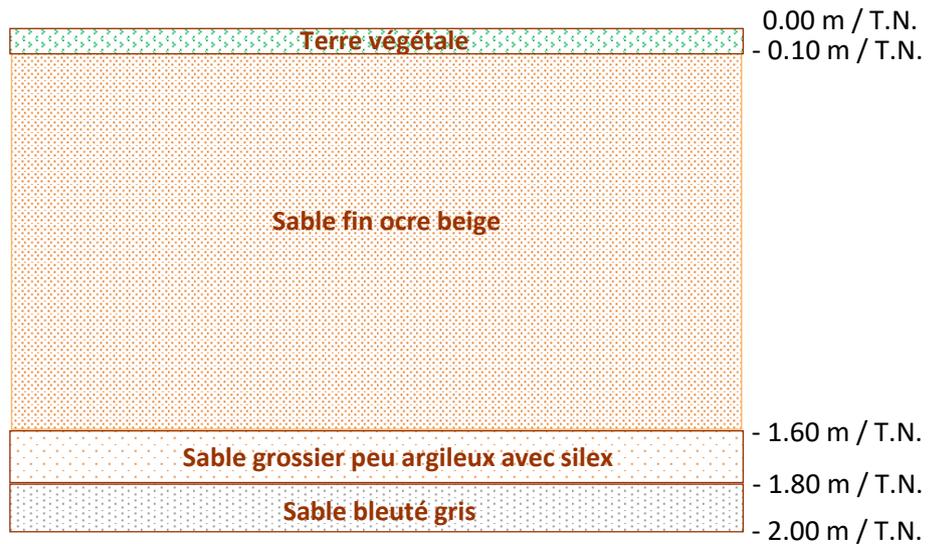
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM110**

Côte NGF : **121,7 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

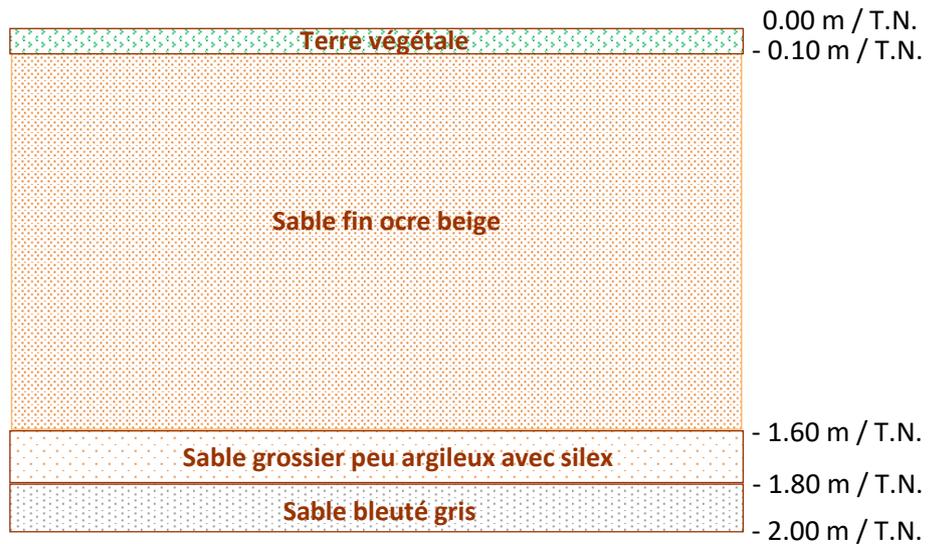
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM111**

Côte NGF : **121,6 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

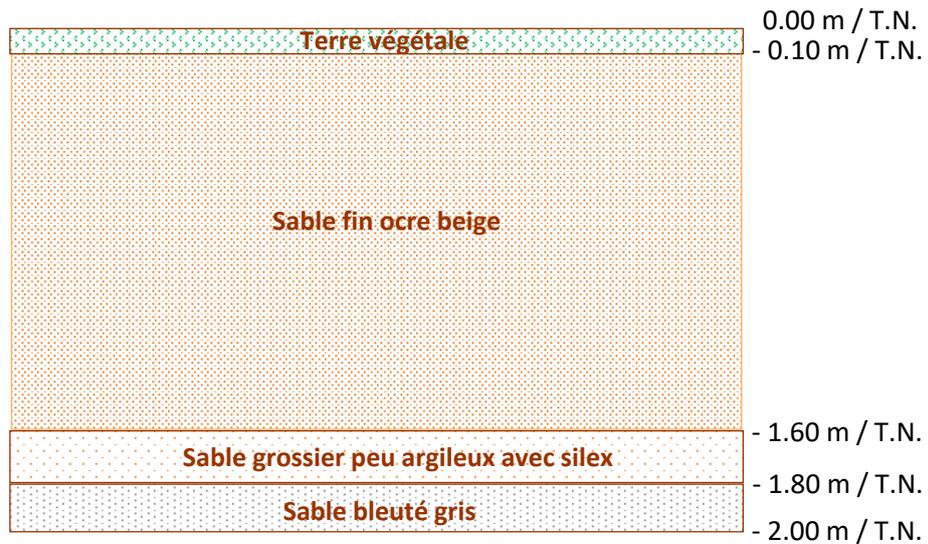
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM112**

Côte NGF : **122 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

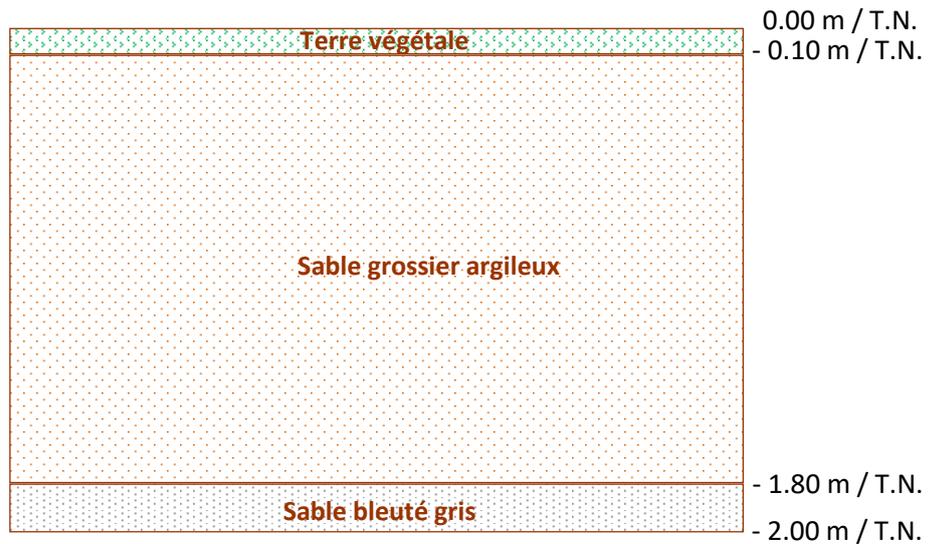
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM113**

Côte NGF : **121,9 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

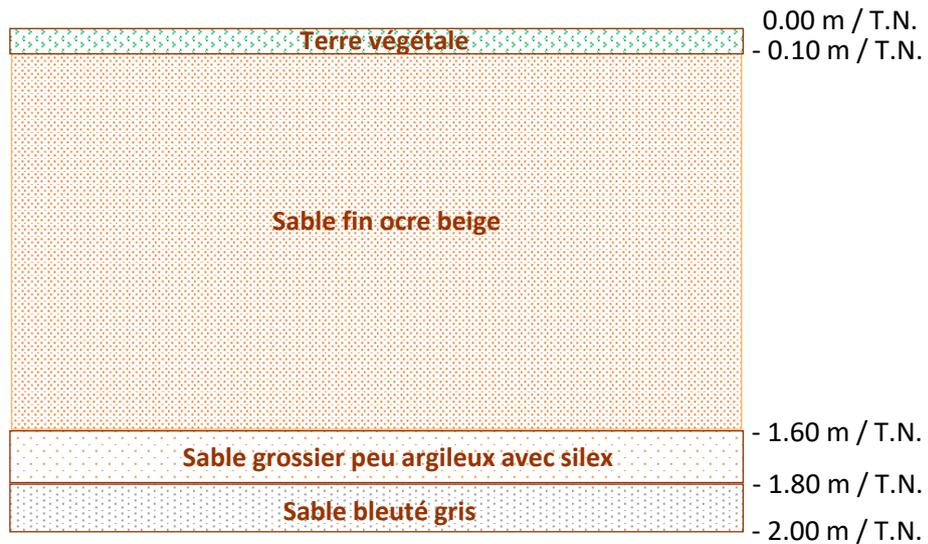
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM114**

Côte NGF : **121,5 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM115**

Côte NGF : **121,8 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

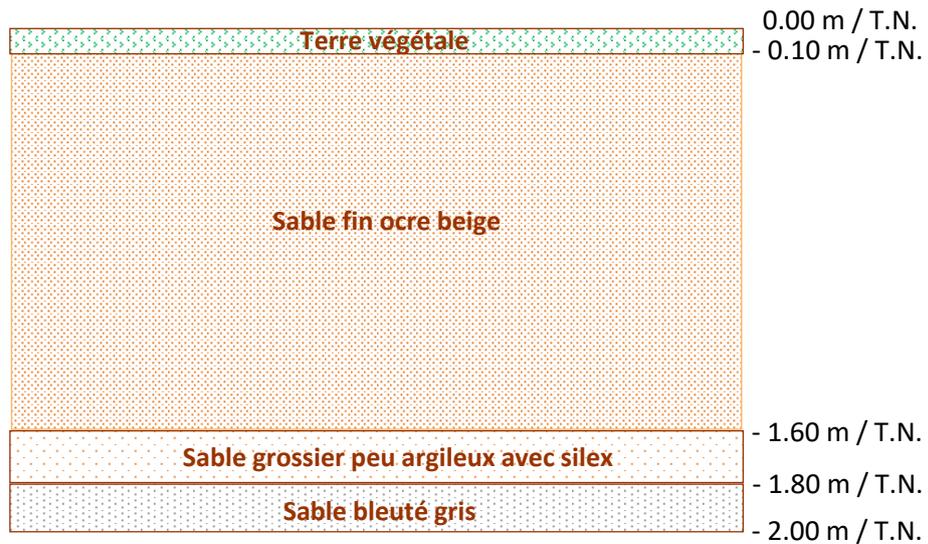
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM116**

Côte NGF : **122,5 NGF**

**Coupe**



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

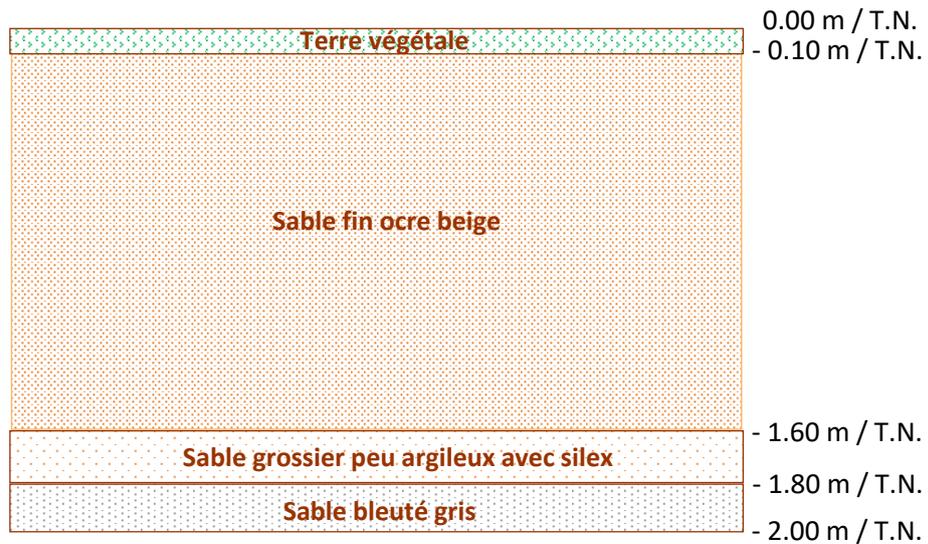
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM117**

Côte NGF : **122,5 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

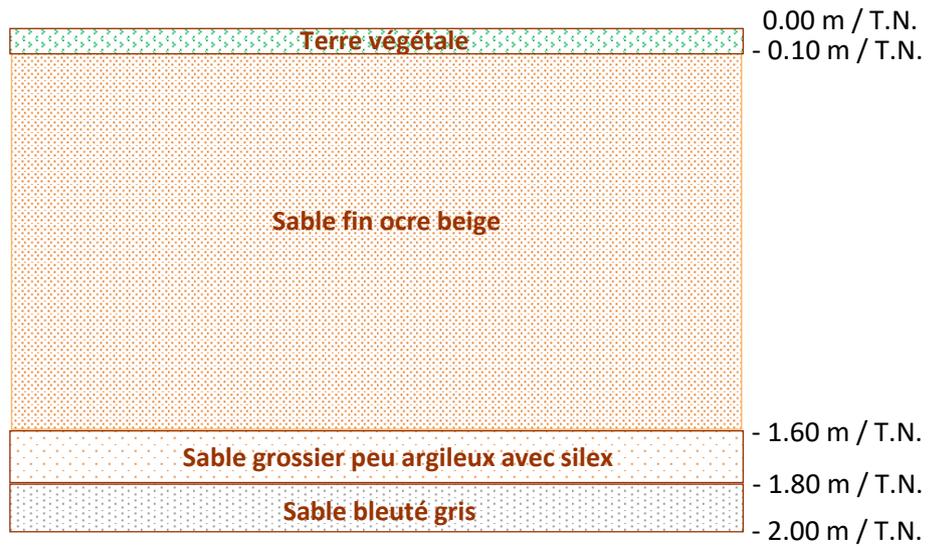
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM118**

Côte NGF : **121,8 NGF**

Coupe



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

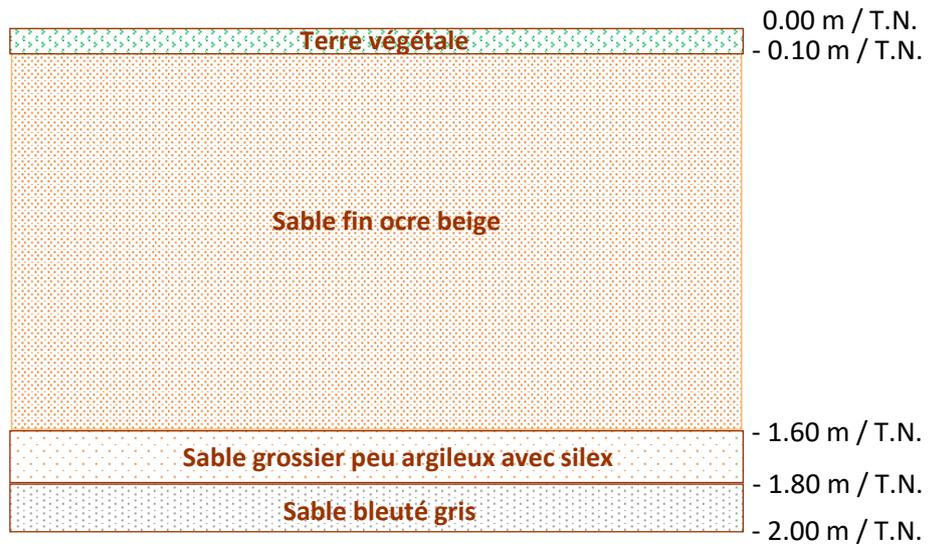
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM119**

Côte NGF : **122,2 NGF**

**Coupe**



Affaire : **Construction du lycée de Châteauneuf sur Loire**

Client : **Centre Val de Loire**

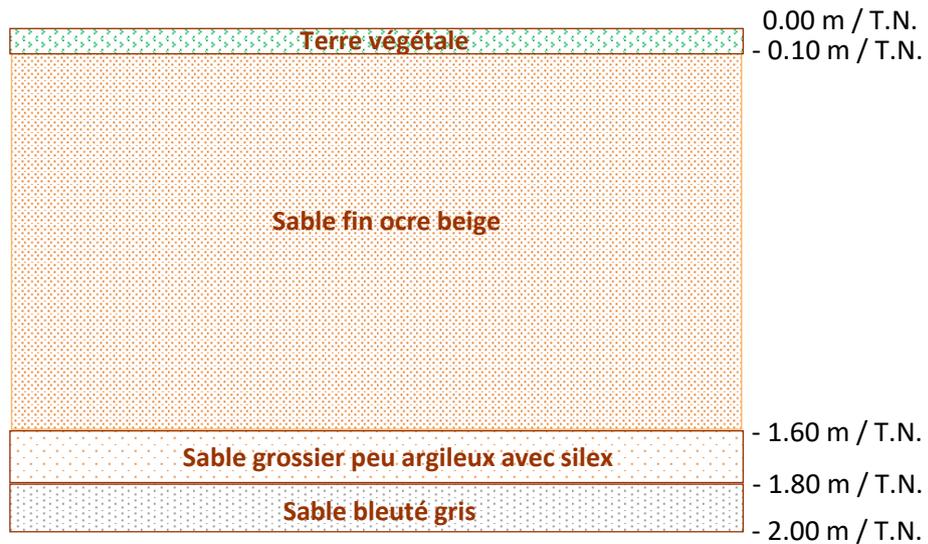
Date d'intervention : **24/05/2023**

Adresse : **Avenue du Gâtinais - Châteauneuf sur Loire (45)**

N° Fouille : **PM101**

Côte NGF : **121,2 NGF**

Coupe



# ANNEXE 7 :

## PROCES-VERBAUX DES ESSAIS EN LABORATOIRE



## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateauneuf sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 102</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron présence de galets</b>

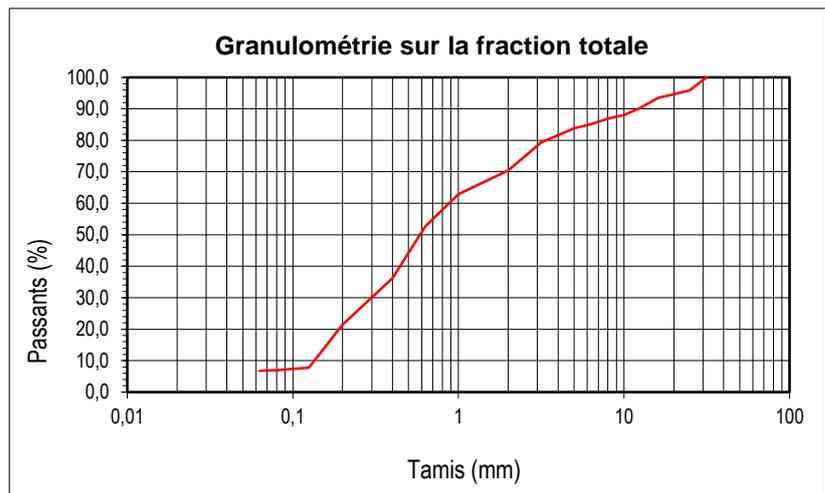
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50
		(en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	
20	94,6	94,6
5	83,8	83,8
<b>2</b>	<b>70,4</b>	<b>70,4</b>
<b>0,08</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>NF P94-068</b> <b>0,3</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>NF P94-050</b> <b>3,6</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B2

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateaufort sur Loire**

 Mode de prélev : **pelle**

 Date prélev : **25/05/2023**

### Matériau à l'essai

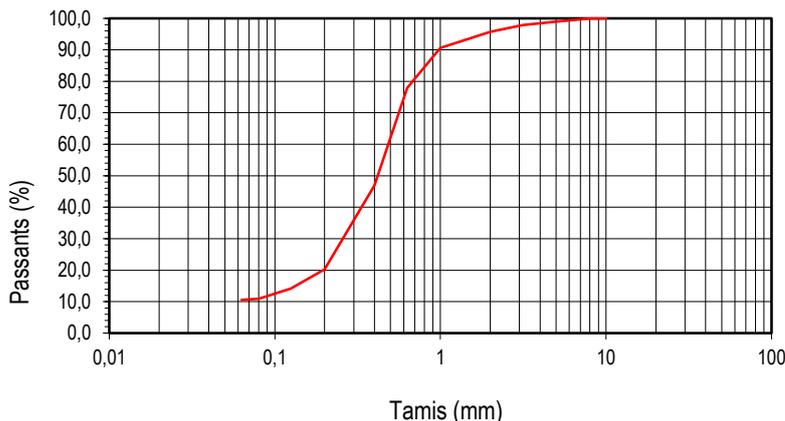
Sondage :	<b>PM 103</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron</b>

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
20	100,0	100,0
5	99,0	99,0
<b>2</b>	<b>95,7</b>	<b>95,7</b>
<b>0,08</b>	<b>10,9</b>	<b>10,9</b>

### Granulométrie sur la fraction totale



### Argilosité

	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	<b>0,3</b>

### Comportement mécanique

	Norme	Valeur

### Etat hydrique

	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	NF P94-050	<b>9,1</b>

### Etat hydrique (suite)

	Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B2

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateauneuf sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 105</b>
Profondeur :	<b>1.00-2.00m</b>
Nature :	<b>sable gris jaunâtre</b>

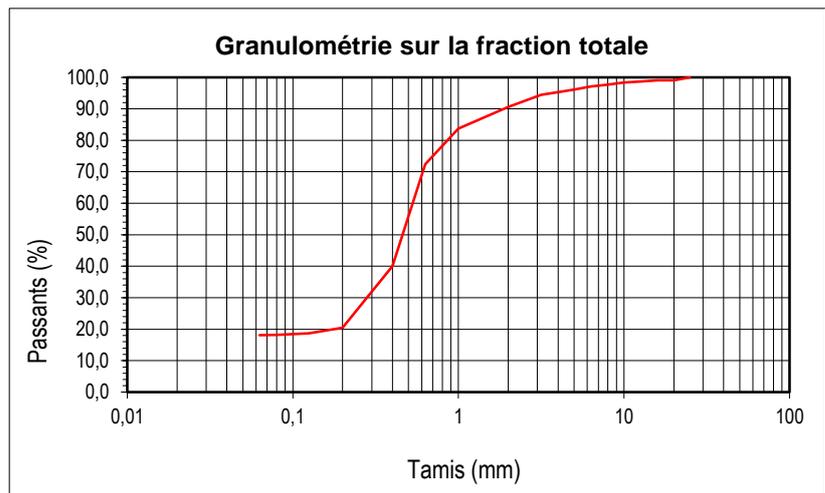
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>(en %)</b>
20	99,1	99,1
5	96,2	96,2
<b>2</b>	<b>90,6</b>	<b>90,6</b>
<b>0,08</b>	<b>18,2</b>	<b>18,2</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>NF P94-068</b> <b>0,6</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>NF P94-050</b> <b>10,6</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B5

à Titre indicatif :

Sables et graves très silteux,...

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateaufort sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 106</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron</b>

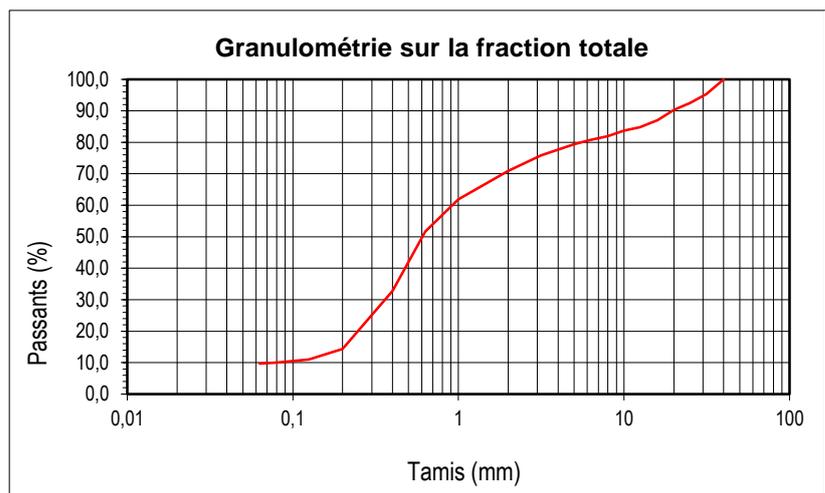
 Mode de prêt : **pelle**

 Date prêt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
20	90,3	90,3
5	79,4	79,4
<b>2</b>	<b>70,9</b>	<b>70,9</b>
<b>0,08</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>NF P94-068</b> <b>0,2</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>NF P94-050</b> <b>5,2</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B2

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateaufort sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 108</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron</b>

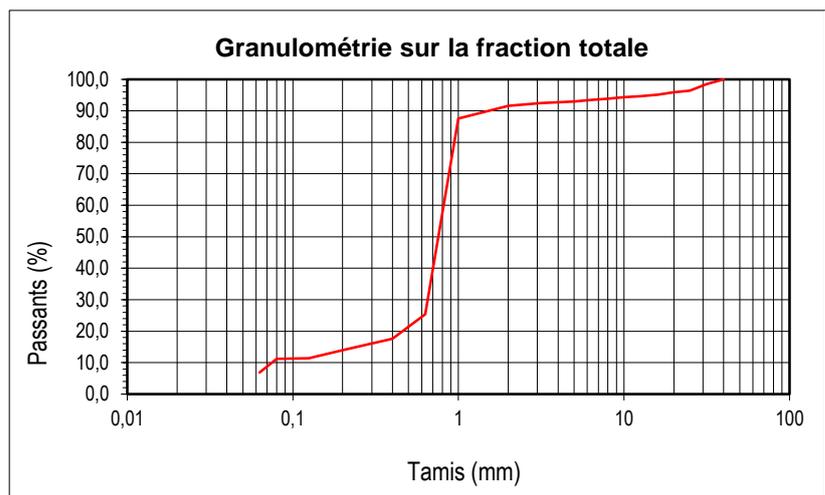
 Mode de prêt : **pelle**

 Date prêt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	(en %)
20	95,9	95,9
5	93,0	93,0
<b>2</b>	<b>91,6</b>	<b>91,6</b>
<b>0,08</b>	<b>11,2</b>	<b>11,2</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>0,1</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>16,7</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B1

à Titre indicatif :

Sables silteux généralement insensibles à l'eau,,,,

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateauneuf sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 110</b>
Profondeur :	<b>1.00-2.00m</b>
Nature :	<b>Sable graveleux marron</b>

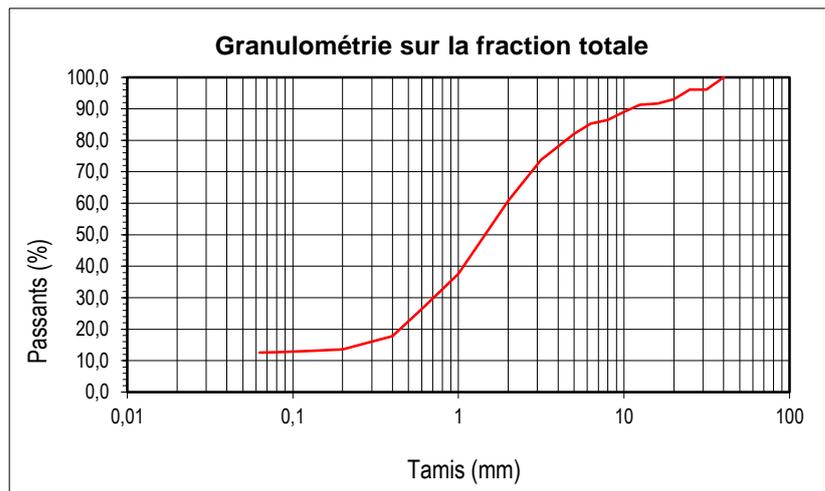
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	(en %)
20	93,1	93,1
5	82,1	82,1
<b>2</b>	<b>60,8</b>	<b>60,8</b>
<b>0,08</b>	<b>12,7</b>	<b>12,7</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>NF P94-068</b> <b>0,8</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>NF P94-050</b> <b>9,1</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

<b>B5</b>	à Titre indicatif : <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Sables et graves très silteux,...</div>
-----------	---

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateaufort sur Loire**

<b>Matériau à l'essai</b>	
Sondage :	<b>PM 111</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>Sable graveleux marron</b>

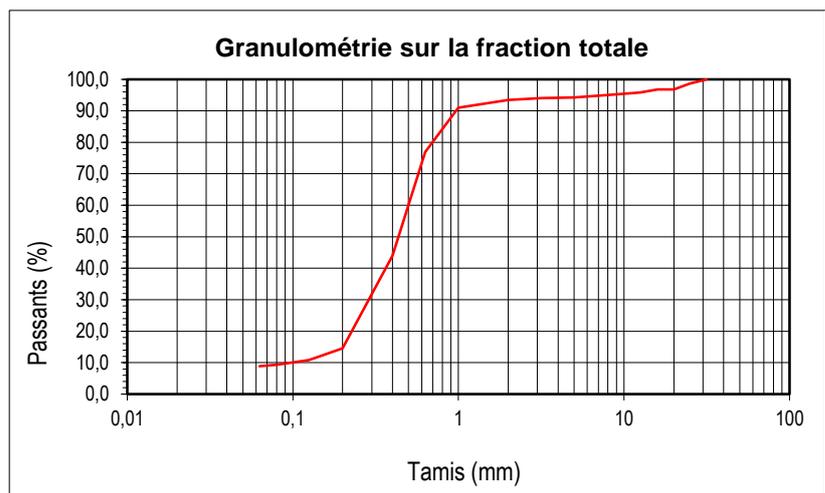
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>96,8</b>
20	96,8	94,3
5	94,3	93,5
<b>2</b>	<b>93,5</b>	<b>9,3</b>
<b>0,08</b>	<b>9,3</b>	<b>9,3</b>



### Argilosité

	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	<b>0,6</b>

### Comportement mécanique

	Norme	Valeur

### Etat hydrique

	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	NF P94-050	<b>10,0</b>

### Etat hydrique (suite)

	Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B2

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateaufort sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 113</b>
Profondeur :	<b>1.00-2.00m</b>
Nature :	<b>Sable graveleux marron</b>

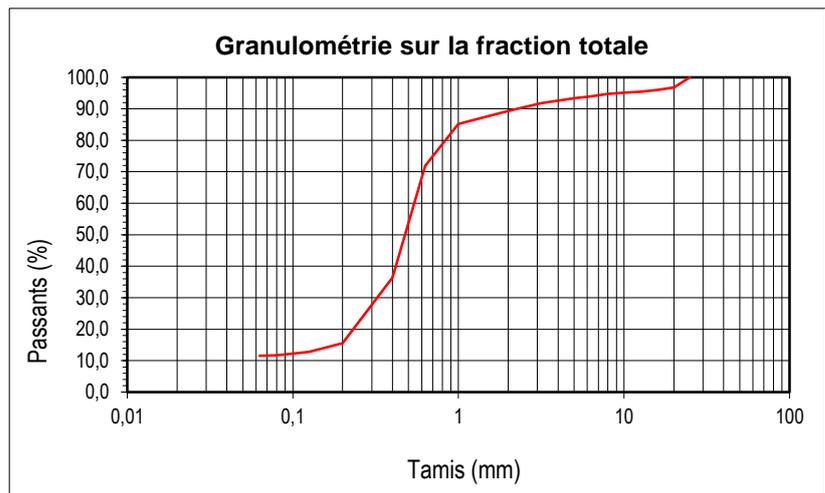
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>(en %)</b>
20	96,8	96,8
5	93,3	93,3
<b>2</b>	<b>89,4</b>	<b>89,4</b>
<b>0,08</b>	<b>11,7</b>	<b>11,7</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>0,8</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>12,7</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B2

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateauneuf sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 115</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron</b>

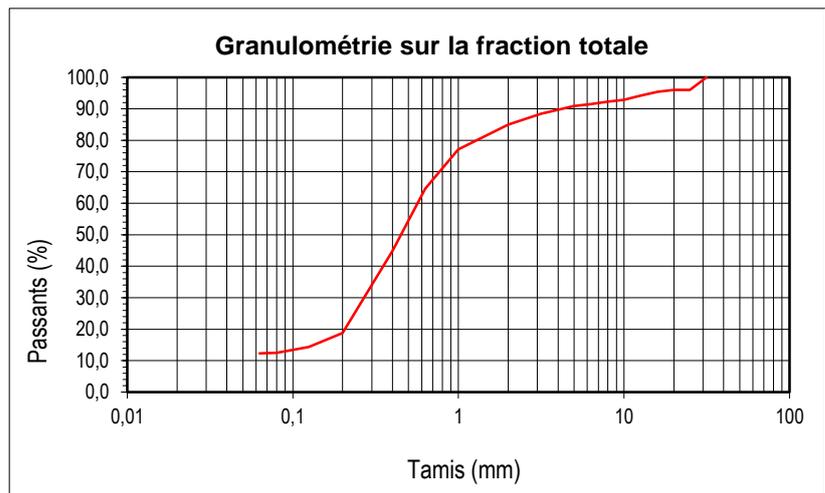
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
20	96,0	96,0
5	90,9	90,9
<b>2</b>	<b>85,0</b>	<b>85,0</b>
<b>0,08</b>	<b>12,5</b>	<b>12,5</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>0,3</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>12,8</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

**B5**

à Titre indicatif :

Sables et graves très silteux,...

## CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92 - FICHE D'IDENTIFICATION -

 Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateauneuf sur Loire**

<b>Matériau à l'essai</b>	
Sondage :	<b>PM 116</b>
Profondeur :	<b>0.00-1.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron</b>

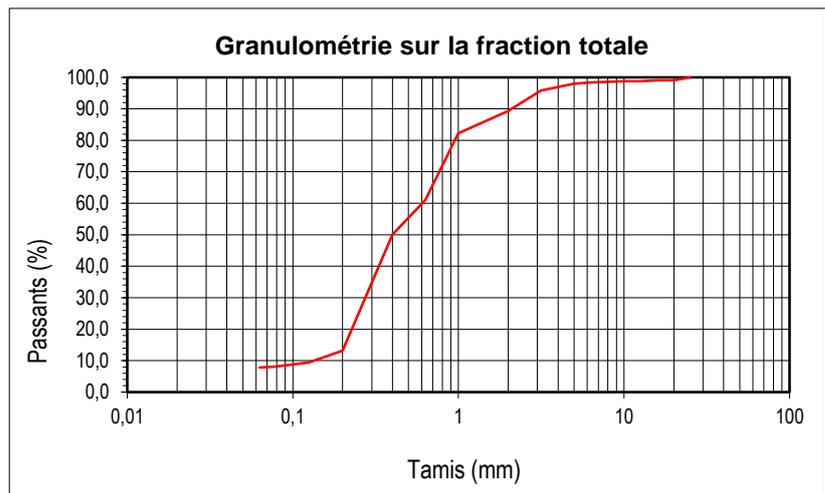
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	
20	99,1	99,1
5	98,0	98,0
<b>2</b>	<b>89,3</b>	<b>89,3</b>
<b>0,08</b>	<b>8,2</b>	<b>8,2</b>



### Argilosité

	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	<b>0,3</b>

### Comportement mécanique

	Norme	Valeur

### Etat hydrique

	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	NF P94-050	<b>5,3</b>

### Etat hydrique (suite)

	Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

**B2**

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

Dossier n° : **PA23 9103**

 Affaire : **Construction du Lycée**

 Client : **Centre Val de Loire**

 Date des essais : **06/06/2023**

 Opérateur : **A.Ar**

 Site : **Chateauneuf sur Loire**

Matériau à l'essai	
Sondage :	<b>PM 118</b>
Profondeur :	<b>1.00-2.00m</b>
Nature :	<b>sable graveleux marron</b>

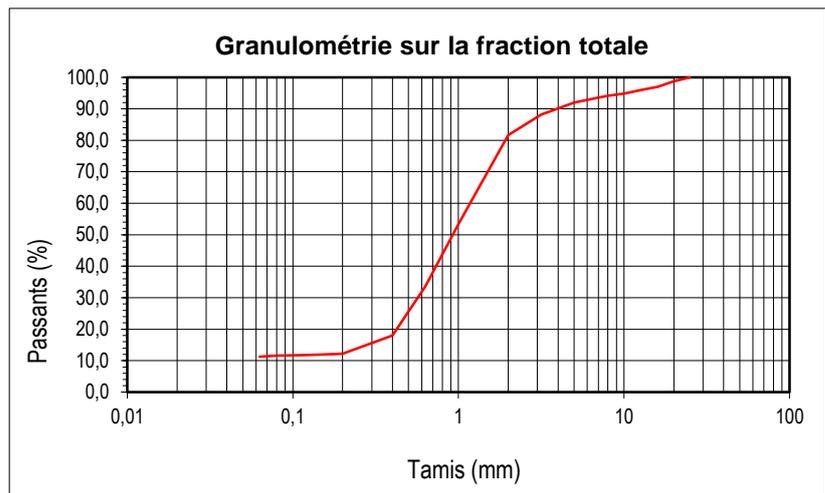
 Mode de prélt : **pelle**

 Date prélt : **25/05/2023**

### Granularité

Normes NF P 94-056 / NF EN 17892-4

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>(en %)</b>
20	98,8	98,8
5	92,0	92,0
<b>2</b>	<b>81,6</b>	<b>81,6</b>
<b>0,08</b>	<b>11,6</b>	<b>11,6</b>



### Argilosité

Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	<b>NF P94-068</b> <b>0,6</b>

### Comportement mécanique

Norme	Valeur

### Etat hydrique

Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	<b>NF P94-050</b> <b>13,9</b>

### Etat hydrique (suite)

Norme	Valeur

## CLASSE du SOL

# B2

à Titre indicatif :

Sables argileux ou peu argileux sensibles à l'eau,...

Dossier : **PA23 9103**  
Date de prélèvement : **25/05/2023**  
Mode de prélèvement : **PELLE**  
Début d'essai : **26/06/2023**  
Fin d'essai : **30/06/2023**

Affaire : **Châteauneuf Sur Loire**  
Site : **Construction du lycée**  
Client : **Centre Val de Loire**

Matériau essayé	Echantillon	PM101	Nature	Sable graveleux marron traitée a 1% Cao + 7% Ciment
	Profondeur	0,50-2,00m		
	Teneur en eau	15,1%	Classification selon (NF P 11-300)	
Mélange	Teneur en eau du matériau traité	12,0%	Masse volumique sèche	1,89
	Nature des produits de traitement	Chaux (CaO)	Dosages	1,0%
		Ciment CEM II C32,5R		7,0%

Mesure du Gonflement Volumique (Gv en %)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	1	2	3		Moyenne
	Teneur en eau	12,0%	12,0%	12,0%		12,0%
	Masse Volumique Apparente/Humide (t/m <sup>3</sup> )	1,99	1,99	1,99		1,99
Gonflement Volumique (Gv en %)	Mesuré après 7 jours d'immersion	1,03%	0,40%	0,09%		0,51%

Caractéristique Mécanique (Résistance en Traction Brésilien)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	A	B	C		Moyenne
	Teneur en eau	12,0%	12,0%	12,0%		12,0%
	Masse Volumique Apparente/Humide	2,12	2,10	2,11		2,11
Caractéristique Mécanique	Résistance en compression diamétrale (MPa)	0,31	2,68	0,32		1,11

Aptitude du matériau au traitement pour les critères de gonflement	ADAPTE
Aptitude du matériau au traitement pour les critères de Résistance	ADAPTE

Observation	
-------------	--

Opérateur	A. ARVAI	
-----------	----------	--

Dossier : **PA23 9103**  
 Date de prélèvement : **25/05/2023**  
 Mode de prélèvement : **PELLE**  
 Début d'essai : **26/06/2023**  
 Fin d'essai : **30/06/2023**

Affaire : **Châteauneuf Sur Loire**  
 Site : **Construction du lycée**  
 Client : **Centre Val de Loire**

Matériau essayé	Echantillon	PM109	Nature	Sable graveleux marron traitée a 1% Cao + 7% Ciment
	Profondeur	0,50-2,00m		
	Teneur en eau	14,0%	Classification selon (NF P 11-300)	
Mélange	Teneur en eau du matériau traité	11,1%	Masse volumique sèche	1,98
	Nature des produits de traitement	Chaux (CaO)	Dosages	1,0%
		Ciment CEM II C32,5R		7,0%

Mesure du Gonflement Volumique (Gv en %)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	1	2	3		Moyenne
	Teneur en eau	11,1%	11,1%	11,1%		11,1%
	Masse Volumique Apparente/Humide (t/m <sup>3</sup> )	2,10	2,09	2,10		2,10
Gonflement Volumique (Gv en %)	Mesuré après 7 jours d'immersion	3,69%	1,72%	2,77%		2,73%

Caractéristique Mécanique (Résistance en Traction Brésilien)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	A	B	C		Moyenne
	Teneur en eau	11,1%	11,1%	11,1%		11,1%
	Masse Volumique Apparente/Humide	2,15	2,14	2,10		2,13
Caractéristique Mécanique	Résistance en compression diamétrale (MPa)	0,20	0,22	0,20		0,20

Aptitude du matériau au traitement pour les critères de gonflement	ADAPTE
Aptitude du matériau au traitement pour les critères de Résistance	ADAPTE

Observation	
-------------	--

Opérateur	A. ARVAI	
-----------	----------	--

Dossier : **PA23 9103**  
 Date de prélèvement : **25/05/2023**  
 Mode de prélèvement : **PELLE**  
 Début d'essai : **26/06/2023**  
 Fin d'essai : **30/06/2023**

Affaire : **Châteauneuf Sur Loire**  
 Site : **Construction du lycée**  
 Client : **Centre Val de Loire**

Matériau essayé	Echantillon	PM114	Nature	Sable graveleux marron traitée a 1% Cao + 7% Ciment
	Profondeur	0,50-2,00m		
	Teneur en eau	14,1%	Classification selon (NF P 11-300)	
Mélange	Teneur en eau du matériau traité	11,0%	Masse volumique sèche	1,93
	Nature des produits de traitement	Chaux (CaO)	Dosages	1,0%
		Ciment CEM II C32,5R		7,0%

Mesure du Gonflement Volumique (Gv en %)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	1	2	3		Moyenne
	Teneur en eau	11,0%	11,0%	11,0%		11,0%
	Masse Volumique Apparente/Humide (t/m <sup>3</sup> )	1,98	1,99	1,91		1,96
Gonflement Volumique (Gv en %)	Mesuré après 7 jours d'immersion	1,05%	2,30%	0,20%		1,18%

Caractéristique Mécanique (Résistance en Traction Brésilien)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	A	B	C		Moyenne
	Teneur en eau	11,0%	11,0%	11,0%		11,0%
	Masse Volumique Apparente/Humide	2,09	2,07	2,09		2,08
Caractéristique Mécanique	Résistance en compression diamétrale (MPa)	0,21	0,21	0,22		0,22

Aptitude du matériau au traitement pour les critères de gonflement	ADAPTE
Aptitude du matériau au traitement pour les critères de Résistance	ADAPTE

Observation	
-------------	--

Opérateur	A. ARVAI	
-----------	----------	--

Dossier : **PA23 9103**  
 Date de prélèvement : **25/05/2023**  
 Mode de prélèvement : **PELLE**  
 Début d'essai : **26/06/2023**  
 Fin d'essai : **30/06/2023**

Affaire : **Châteauneuf Sur Loire**  
 Site : **Construction du lycée**  
 Client : **Centre Val de Loire**

Matériau essayé	Echantillon	PM117	Nature	Sable graveleux marron traitée a 1% Cao + 7% Ciment
	Profondeur	0,50-2,00m		
	Teneur en eau	15,3%	Classification selon (NF P 11-300)	
Mélange	Teneur en eau du matériau traité	12,6%	Masse volumique sèche	1,94
	Nature des produits de traitement	Chaux (CaO)	Dosages	1,0%
		Ciment CEM II C32,5R		7,0%

Mesure du Gonflement Volumique (Gv en %)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	1	2	3		Moyenne
	Teneur en eau	12,6%	12,6%	12,6%		12,6%
	Masse Volumique Apparente/Humide (t/m <sup>3</sup> )	2,07	2,06	2,06		2,06
Gonflement Volumique (Gv en %)	Mesuré après 7 jours d'immersion	0,09%	0,43%	3,72%		1,42%

Caractéristique Mécanique (Résistance en Traction Brésilien)						
Confection des éprouvettes	Eprouvette	A	2	C		Moyenne
	Teneur en eau	12,6%	12,6%	12,6%		12,6%
	Masse Volumique Apparente/Humide	2,07	2,06	2,06		2,06
Caractéristique Mécanique	Résistance en compression diamétrale (MPa)	0,10	0,10	0,09		0,10

Aptitude du matériau au traitement pour les critères de gonflement	ADAPTE
Aptitude du matériau au traitement pour les critères de Résistance	INADAPTE

Observation	
-------------	--

Opérateur	A. ARVAI	
-----------	----------	--

Dossier : **PA23 9103**  
 Date de prélèvement : **25/05/2023**  
 Mode de prélèvement : **PELLE**  
 Début d'essai : **26/06/2023**  
 Fin d'essai : **30/06/2023**

Affaire : **Châteauneuf Sur Loire**  
 Site : **Construction du lycée**  
 Client : **Centre Val de Loire**

Matériau essayé	Echantillon	PM120	Nature	Sable graveleux marron traitée a 1% Cao + 7% Ciment
	Profondeur	0,50-2,00m		
	Teneur en eau	10,7%	Classification selon (NF P 11-300)	
Mélange	Teneur en eau du matériau traité	10,7%	Masse volumique sèche	1,94
	Nature des produits de traitement	Chaux (CaO)	Dosages	6,0%
		Ciment CEM II C32,5R		

**Mesure du Gonflement Volumique (Gv en %)**

Confection des éprouvettes	Eprouvette	1	2	3		Moyenne
	Teneur en eau	10,7%	10,7%	10,7%		10,7%
	Masse Volumique Apparente/Humide (t/m <sup>3</sup> )	2,04	2,05	2,04		2,04
Gonflement Volumique (Gv en %)	Mesuré après 7 jours d'immersion	1,55%	1,04%	2,40%		1,67%

**Caractéristique Mécanique (Résistance en Traction Brésilien)**

Confection des éprouvettes	Eprouvette	A	2	C		Moyenne
	Teneur en eau	10,7%	10,7%	10,7%		10,7%
	Masse Volumique Apparente/Humide	2,04	2,05	2,04		2,04
Caractéristique Mécanique	Résistance en compression diamétrale (MPa)	0,21	0,20	0,21		0,21

Aptitude du matériau au traitement pour les critères de gonflement	ADAPTE
Aptitude du matériau au traitement pour les critères de Résistance	ADAPTE

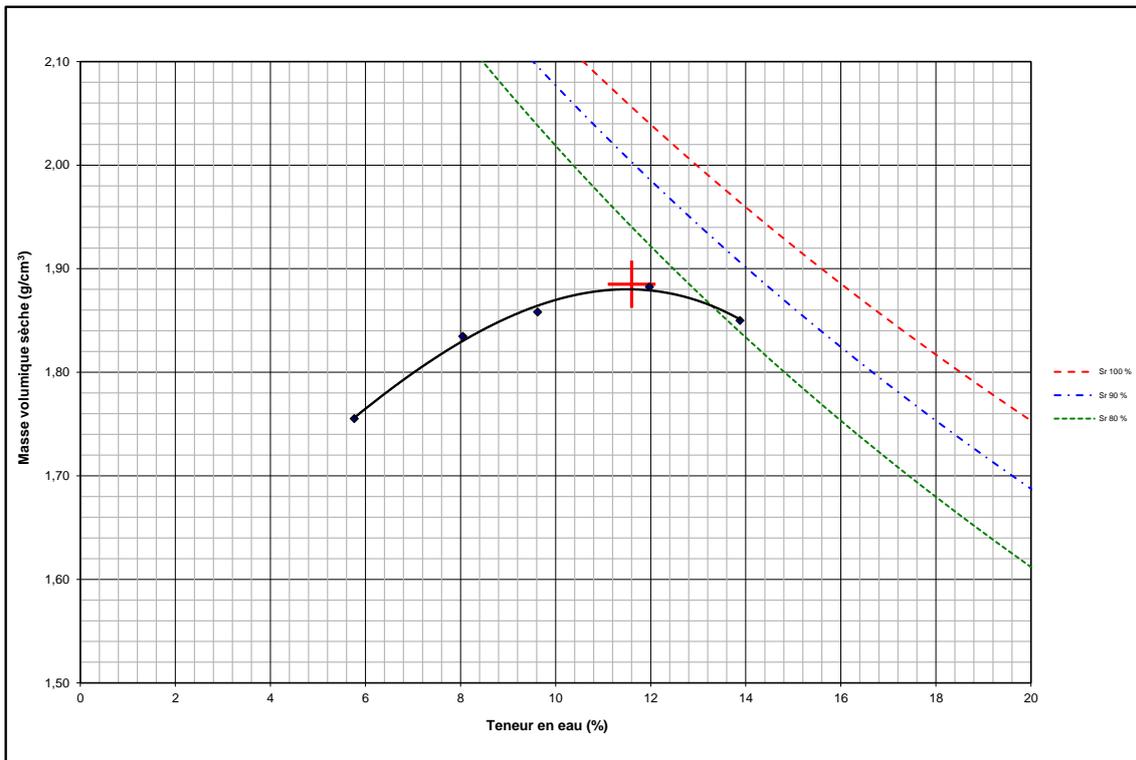
Observation	
-------------	--

Opérateur	A. ARVAI	
-----------	----------	--

Dossier N°:	<b>PA23 9103</b>	Echantillon n° :	-
Affaire :	<b>Château neuf sur Loire</b>	Sondage n° :	<b>PM101</b>
		Profondeur (m) :	<b>0,50-2,00m</b>
Client :	<b>Centre Val de Loire</b>	Date de prélèvement :	<b>25/05/2023</b>
		Date d'essai :	<b>26/06/2023</b>

Nature du matériau : **Sable graveleux marron traitée a 1% CaO+7% ciment**

$D_{max}$ du matériau :	<b>20</b>	mm	Type de moule utilisé : <b>CBR</b>
Refus à 20 mm :	<b>0,0</b>	%	
Masse volumique des particules solides $\rho_s$ :	<b>2,70</b>	g/cm <sup>3</sup>	



RESULTATS DE L'ESSAI					
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau	<b>W<sub>opn</sub></b> :	<b>11,6</b>	%		
<i>NF P 94-050</i>					
Masse volumique sèche	<b>pd<sub>opn</sub></b> :	<b>1,89</b>	g/cm <sup>3</sup>		

Teneur en eau naturelle  $W_n$  : **9,8** %  
*NF P 94-050*

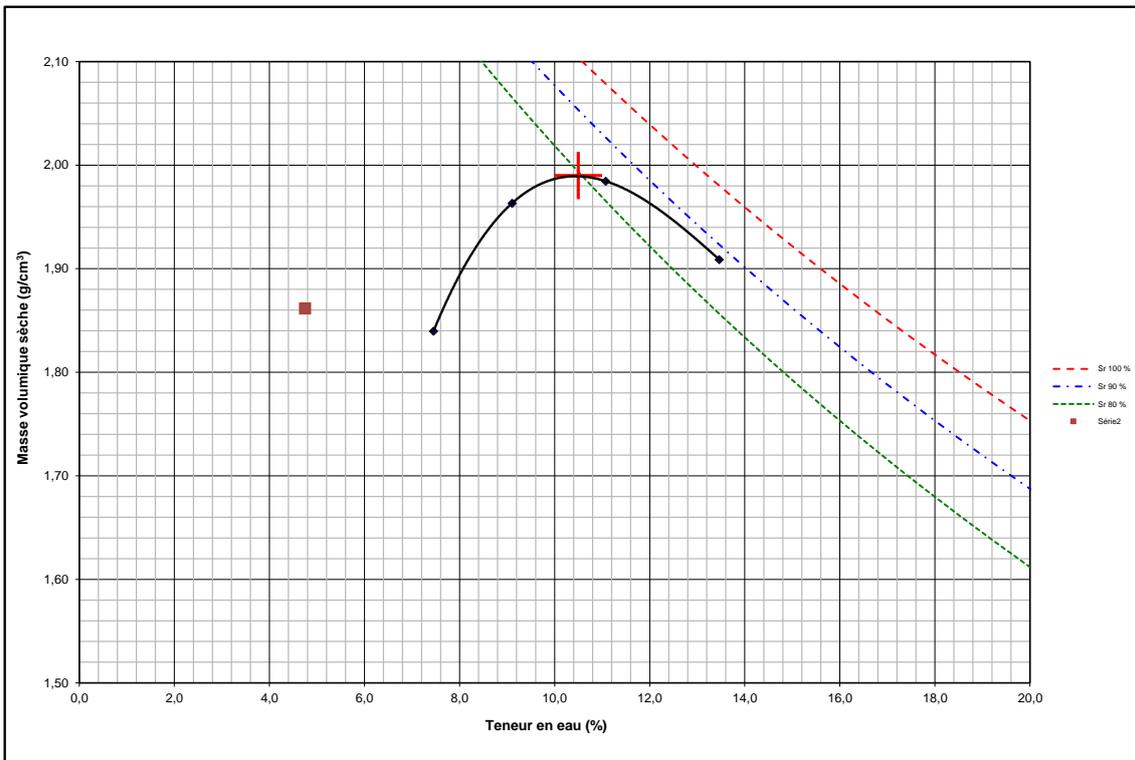
Observations :

PV n° :	Fait à Etréchy, le	3 juillet 2023
Enregistrement :	Le Responsable de l'Essai :	<b>C.Legouge</b>
	PV005-01 version du 8-12-2010	

Dossier N°:	<b>PA23 9103</b>	Echantillon n° :	-
Affaire :	<b>Château neuf sur Loire</b>	Sondage n° :	<b>PM109</b>
		Profondeur (m) :	<b>0,50-2,00m</b>
Client :	<b>Centre Val de Loire</b>	Date de prélèvement :	<b>25/05/2023</b>
		Date d'essai :	<b>26/06/2023</b>

Nature du matériau : **Sable graveleux marron traitée a 1% CaO+7% ciment**

$D_{max}$ du matériau :	<b>20</b>	mm	Type de moule utilisé : <b>CBR</b>
Refus à 20 mm :	<b>0,0</b>	%	
Masse volumique des particules solides $\rho_s$ :	<b>2,70</b>	g/cm <sup>3</sup>	



**RESULTATS DE L'ESSAI**

<b>A L'OPTIMUM PROCTOR</b>		valeurs non corrigées	valeurs corrigées
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	<b>W<sub>opn</sub></b> :	<b>10,5</b> %	
Masse volumique sèche	<b>pd<sub>opn</sub></b> :	<b>1,99</b> g/cm <sup>3</sup>	

Teneur en eau naturelle  $W_n$  : **11,9** %  
*NF P 94-050*

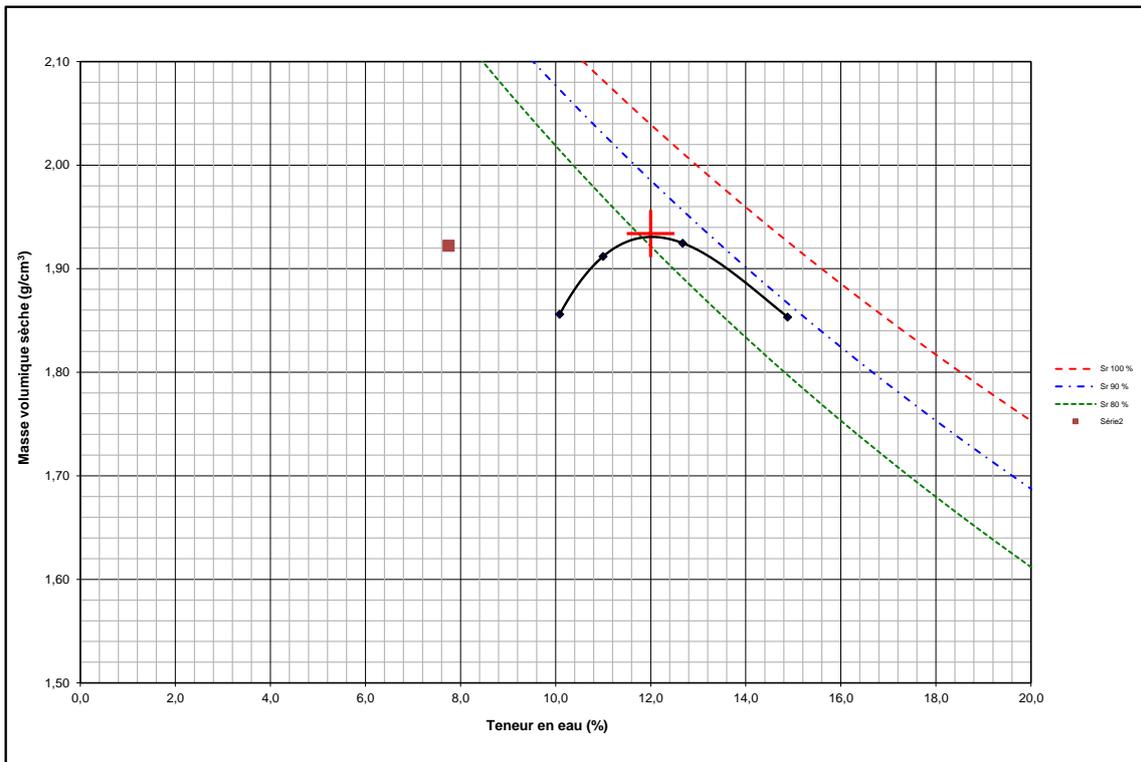
Observations :

PV n° :	Fait à Etréchy, le	30 juin 2023
Enregistrement : PV005-01 version du 8-12-2010	Le Responsable de l'Essai : <b>C.Legouge</b>	

Dossier N°:	<b>PA23 9103</b>	Echantillon n° :	-
Affaire :	<b>Château neuf sur Loire</b>	Sondage n° :	<b>PM114</b>
		Profondeur (m) :	<b>0,50-2,00m</b>
Client :	<b>Centre val de Loire</b>	Date de prélèvement :	<b>25/05/2023</b>
		Date d'essai :	<b>26/06/2023</b>

Nature du matériau : **Sable graveleux marron traitée a 1%Cao + 7% Ciment**

$D_{max}$ du matériau :	<b>20</b>	mm	Type de moule utilisé : <b>CBR</b>
Refus à 20 mm :	<b>0,0</b>	%	
Masse volumique des particules solides $\rho_s$ :	<b>2,70</b>	g/cm <sup>3</sup>	



**RESULTATS DE L'ESSAI**

<b>A L'OPTIMUM PROCTOR</b>		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	<b>W<sub>opn</sub></b> :	<b>12,0</b>	%		
Masse volumique sèche	<b>pd<sub>opn</sub></b> :	<b>1,93</b>	g/cm <sup>3</sup>		

Teneur en eau naturelle  $W_n$  : **14,1** %  
*NF P 94-050*

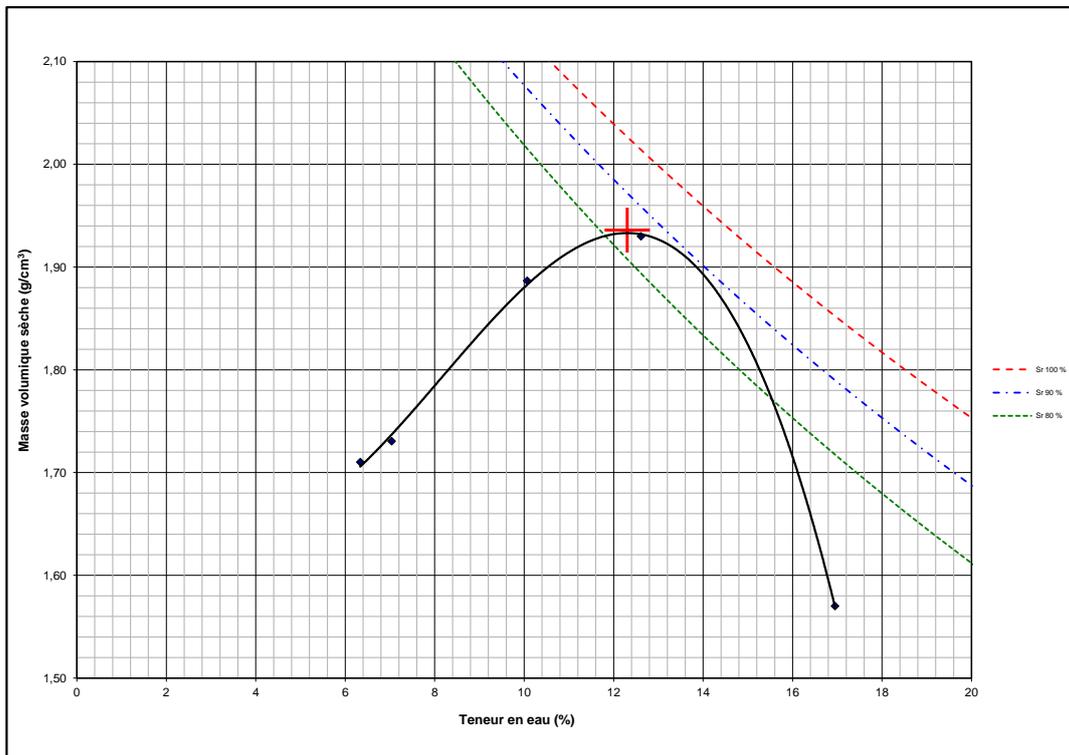
Observations :

PV n° :	Fait à Etréchy, le	30 juin 2023
Enregistrement : PV005-01 version du 8-12-2010	Le Responsable de l'Essai : <b>C.Legouge</b>	

Dossier N°:	<b>PA23 9103</b>	Echantillon n° :	-
Affaire :	<b>Château neuf sur Loire</b>	Sondage n° :	<b>PM117</b>
		Profondeur (m) :	<b>0,50-2,00m</b>
Client :	<b>Centre Val de Loire</b>	Date de prélèvement :	<b>25/05/2023</b>
		Date d'essai :	<b>26/06/2023</b>

Nature du matériau :	<b>Sable graveleux marron traitée a 1% CaO+7% ciment</b>
----------------------	--

$D_{max}$ du matériau :	<b>20</b>	mm	Type de moule utilisé : <b>CBR</b>
Refus à 20 mm :	<b>0,0</b>	%	
Masse volumique des particules solides $\rho_s$ :	<b>2,70</b>	g/cm <sup>3</sup>	



<b>RESULTATS DE L'ESSAI</b>					
<b>A L'OPTIMUN PROCTOR</b>		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
<b>Teneur en eau</b> <i>NF P 94-050</i>	<b>W<sub>opn</sub> :</b>	<b>12,3</b>	%		
<b>Masse volumique sèche</b>	<b>pd<sub>opn</sub> :</b>	<b>1,94</b>	g/cm <sup>3</sup>		

Teneur en eau naturelle  $W_n$  : **9,8** %  
*NF P 94-050*

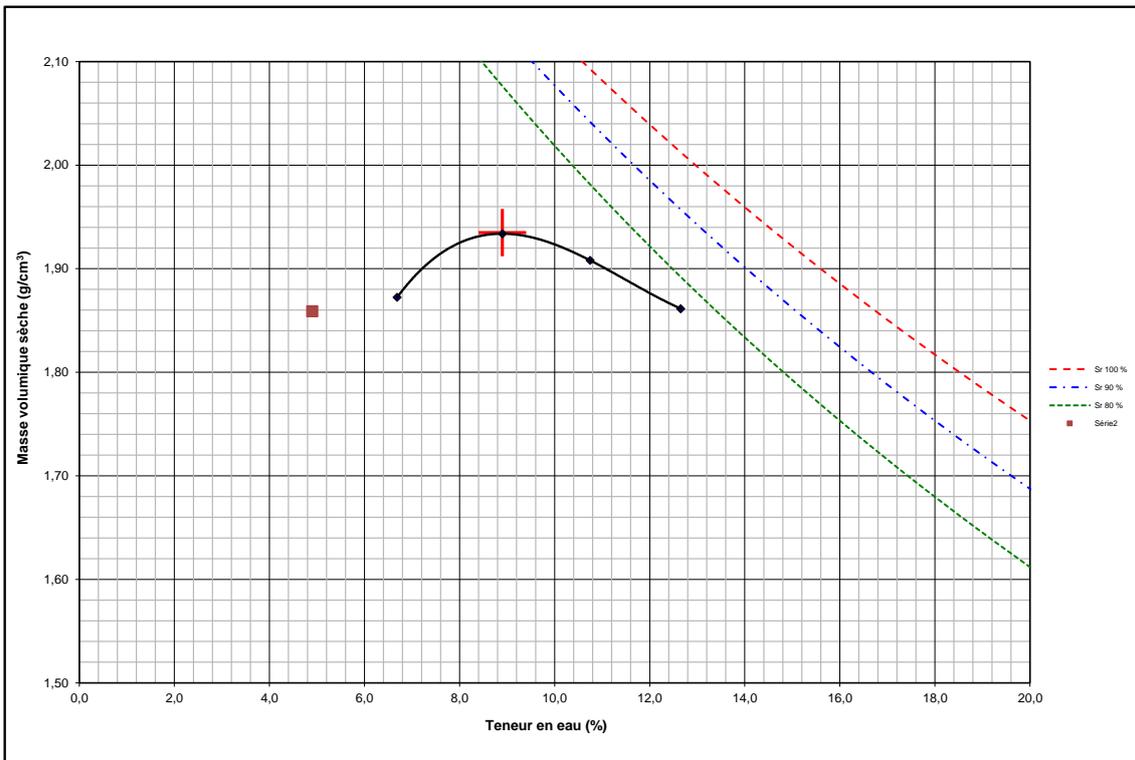
<b>Observations :</b>
-----------------------

PV n° :	Fait à Etréchy, le	3 juillet 2023
Enregistrement : PV005-01 version du 8-12-2010	Le Responsable de l'Essai : <b>C.Legouge</b>	

Dossier N°:	<b>PA23 9103</b>	Echantillon n° :	-
Affaire :	<b>Château neuf sur Loire</b>	Sondage n° :	<b>PM120</b>
		Profondeur (m) :	<b>0,50-2,00m</b>
Client :	<b>Centre Val de Loire</b>	Date de prélèvement :	<b>25/05/2023</b>
		Date d'essai :	<b>26/06/2023</b>

Nature du matériau : **Sable graveleux marron traitée a 1% Cao +7% Ciment**

$D_{max}$ du matériau :	<b>20</b>	mm	Type de moule utilisé : <b>CBR</b>
Refus à 20 mm :	<b>0,0</b>	%	
Masse volumique des particules solides $\rho_s$ :	<b>2,70</b>	g/cm <sup>3</sup>	



RESULTATS DE L'ESSAI					
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	<b>W<sub>opn</sub></b> :	<b>8,9</b>	%		
Masse volumique sèche	<b>pd<sub>opn</sub></b> :	<b>1,94</b>	g/cm <sup>3</sup>		

Teneur en eau naturelle  $W_n$  : **12,8** %  
*NF P 94-050*

Observations :

PV n° :	Fait à Etréchy, le	30 juin 2023
Enregistrement : PV005-01 version du 8-12-2010	Le Responsable de l'Essai : <b>C.Legouge</b>	

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

INFRANEO - Agence d'Etrechy  
8-10 rue des Chênes Rouges  
91580 ETRECHY  
FRANCE

Date 15.06.2023  
N° Client 35008966  
N° commande 1282814

## RAPPORT D'ANALYSES

**Cde 1282814** Eau

*Client* 35008966 INFRANEO - Agence d'Etrechy  
*Référence* IN-23-04843-ETRSO/23-002134/PA23 9103-Châteauneuf sur Loire (YKH)  
*Date de validation* 09.06.23  
*Prélèvement par:* Client  
Madame, Monsieur

A réception, la température de l'enceinte de vos échantillons était supérieure à 8°C. Ceci peut affecter la fiabilité de certains résultats.

Respectueusement,



**AL-West B.V. Mme Fatima-Zahra Saati, Tel. 33/380680132**  
**Chargée relation clientèle**

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " (\*) " .

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

## Cde 1282814 Eau

N° échant.	Nom de l'échantillon	Prélèvement	Site du prélèvement
219001	SP113+Pz2	08.06.2023	

Unité

219001

SP113+Pz2

### Analyses Physico-chimiques

Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire)	µS/cm	152
Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	170
pH (Lab.)		7,0
Température	°C	20,3
Sulfures solubles	mg/l	<0,1 <sup>*)</sup>
Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)	mmole/l	1,4
Chlorures (Cl)	mg/l	6,2
Sulfates (SO4)	mg/l	4,0

### Métaux

Calcium (Ca)	mg/l	25
Magnésium (Mg)	mg/l	1,1

### Autres analyses

Dureté Carbonatée	mg/l CaO	37 <sup>*)</sup>
Dureté (non issu des carbonates)	°dH	<0,0 <sup>*)</sup>
Dureté (non issu des carbonates)	mg/l CaO	<0,0 <sup>*)</sup>
Dureté totale	mg/l CaO	37 <sup>*)</sup>
Grade d'agressivité sur béton (selon DIN 4030)	XA1, agressivité faible	<sup>*)</sup>
Indice permanganate (mg O2/L)	mg/l	0,4
Dureté totale	°dH	3,74 <sup>*)</sup>
Dureté totale	mmole/l	0,669 <sup>*)</sup>
Couleur		5,1
Oxydabilité au KMnO4	mg/l	1,7
Turbidité	NTU	1,5 <sup>*)</sup>
TAC après dissolution de marbre	mmole/l	3,1 <sup>*)</sup>
Ammonium (NH4)	mg/l	0,044
Nitrates	mg/l	<0,50
acide carbonique agressif	mg/l	37 <sup>*)</sup>
Dureté Carbonatée	°dH	3,74 <sup>*)</sup>
Odeur (Lab)		sans odeur <sup>*)</sup>

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que les informations sur la méthode de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "\*)".

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

## Cde 1282814 Eau

Analyse des nitrates: une teneur en chlorure supérieure à 100 mg / l peut avoir un effet négatif sur la teneur en nitrates.

Début des analyses: 09.06.2023

Fin des analyses: 15.06.2023

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.



**AL-West B.V. Mme Fatima-Zahra Saati, Tel. 33/380680132**  
**Chargée relation clientèle**

## Liste des méthodes

calculée à partir de analyse conform **NEN-EN-ISO 17294-2(2004)** <sup>\*)</sup>: Dureté (non issu des carbonates) Dureté totale Dureté totale  
Dureté totale

Conforme à **EN-ISO 8467** : Indice permanganate (mg O2/L) Oxydabilité au KMnO4

Conforme à **EN-ISO17294-2 (2004)** : Calcium (Ca) Magnésium (Mg)

Conforme à **ISO 10523** : pH (Lab.) Température

Conforme à **ISO 15923-1** : Ammonium (NH4) Chlorures (Cl) Nitrates Sulfates (SO4)

Conforme à **ISO 7888** : Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire) Conductivité à 25°C (Lab)

Conforme **NEN-EN-ISO 9963-1** <sup>\*)</sup>: Dureté Carbonatée TAC après dissolution de marbre

Conforme **NEN-EN-ISO 9963-1** : Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)

**DEV B1/2** <sup>\*)</sup>: Odeur (Lab)

**DIN 4030** <sup>\*)</sup>: Grade d'agressivité sur béton (selon DIN 4030) acide carbonique agressif

**méthode interne** <sup>\*)</sup>: Turbidité Dureté Carbonatée

**NEN 6608** <sup>\*)</sup>: Sulfures solubles

**NF EN-ISO 7887-C (410 nm)** : Couleur

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "\*)".

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

### Annexe de N° commande 1282814

#### CONSERVATION, TEMPS DE CONSERVATION ET FLACONNAGE

Le délai de conservation des échantillons est expiré pour les analyses suivantes :

<b>Turbidité</b>	219001
------------------	--------

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " \* ) " .

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

INFRANEO - Agence d'Etrechy  
8-10 rue des Chênes Rouges  
91580 ETRECHY  
FRANCE

Date 15.06.2023  
N° Client 35008966  
N° commande 1283789

## RAPPORT D'ANALYSES

**Cde 1283789** Eau

*Client* 35008966 INFRANEO - Agence d'Etrechy  
*Référence* IN-23-04843-ETRSO/23-002230/PA23 9103-Châteauneuf sur Loire (YKH) (2)  
*Date de validation* 13.06.23  
*Prélèvement par:* Client  
Madame, Monsieur

A réception, la température de l'enceinte de vos échantillons était supérieure à 8°C. Ceci peut affecter la fiabilité de certains résultats.

Respectueusement,



**AL-West B.V. Mme Fatima-Zahra Saati, Tel. 33/380680132**  
**Chargée relation clientèle**

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " (\*) ".

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

## Cde 1283789 Eau

N° échant.	Nom de l'échantillon	Prélèvement	Site du prélèvement
224155	SP101+Pz1	12.06.2023	

Unité **224155**  
SP101+Pz1

### Analyses Physico-chimiques

Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire)	µS/cm	<b>149</b>
Conductivité à 25°C (Lab)	µS/cm	<b>166</b>
pH (Lab.)		<b>6,7</b>
Température	°C	<b>20,4</b>
Sulfures solubles	mg/l	<b>&lt;0,1</b> <sup>*)</sup>
Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)	mmole/l	<b>0,9</b>
Chlorures (Cl)	mg/l	<b>17</b>
Sulfates (SO4)	mg/l	<b>5,4</b>

### Métaux

Calcium (Ca)	mg/l	<b>74</b>
Magnésium (Mg)	mg/l	<b>13</b>

### Autres analyses

Dureté Carbonatée	mg/l CaO	<b>25</b> <sup>*)</sup>
Dureté (non issu des carbonates)	°dH	<b>11</b> <sup>*)</sup>
Dureté (non issu des carbonates)	mg/l CaO	<b>110</b> <sup>*)</sup>
Dureté totale	mg/l CaO	<b>130</b> <sup>*)</sup>
Grade d'agressivité sur béton (selon DIN 4030)	XA1, agressivité faible	<sup>*)</sup>
Indice permanganate (mg O2/L)	mg/l	<b>1,3</b>
Dureté totale	°dH	<b>13,3</b> <sup>*)</sup>
Dureté totale	mmole/l	<b>2,38</b> <sup>*)</sup>
Couleur		<b>2,2</b>
Oxydabilité au KMnO4	mg/l	<b>5,3</b>
Turbidité	NTU	<b>&gt;1000</b> <sup>*)</sup>
TAC après dissolution de marbre	mmole/l	<b>1,9</b> <sup>*)</sup>
Ammonium (NH4)	mg/l	<b>0,13</b>
Nitrates	mg/l	<b>13</b>
acide carbonique agressif	mg/l	<b>22</b> <sup>*)</sup>
Dureté Carbonatée	°dH	<b>2,52</b> <sup>*)</sup>
Odeur (Lab)		<b>sans odeur</b> <sup>*)</sup>

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que les informations sur la méthode de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre. Les critères de performance minimaux des méthodes appliquées sont généralement basés selon la Directive 2009/90/CE de la Commission Européenne en ce qui concerne l'incertitude de mesure.

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "\*)".

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

## Cde 1283789 Eau

Analyse des nitrates: une teneur en chlorure supérieure à 100 mg / l peut avoir un effet négatif sur la teneur en nitrates.

Début des analyses: 13.06.2023

Fin des analyses: 15.06.2023

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.



**AL-West B.V. Mme Fatima-Zahra Saati, Tel. 33/380680132**  
**Chargée relation clientèle**

### Liste des méthodes

calculée à partir de analyse conform **NEN-EN-ISO 17294-2(2004)** <sup>\*)</sup>: Dureté (non issu des carbonates) Dureté totale Dureté totale  
Dureté totale

Conforme à **EN-ISO 8467** : Indice permanganate (mg O2/L) Oxydabilité au KMnO4

Conforme à **EN-ISO17294-2 (2004)** : Calcium (Ca) Magnésium (Mg)

Conforme à **ISO 10523** : pH (Lab.) Température

Conforme à **ISO 15923-1** : Ammonium (NH4) Chlorures (Cl) Nitrates Sulfates (SO4)

Conforme à **ISO 7888** : Conductivité électrique à 20 °C (Laboratoire) Conductivité à 25°C (Lab)

Conforme **NEN-EN-ISO 9963-1** <sup>\*)</sup>: Dureté Carbonatée TAC après dissolution de marbre

Conforme **NEN-EN-ISO 9963-1** : Titre alcalimétrique complet (pH 4,3)

**DEV B1/2** <sup>\*)</sup>: Odeur (Lab)

**DIN 4030** <sup>\*)</sup>: Grade d'agressivité sur béton (selon DIN 4030) acide carbonique agressif

**méthode interne** <sup>\*)</sup>: Turbidité Dureté Carbonatée

**NEN 6608** <sup>\*)</sup>: Sulfures solubles

**NF EN-ISO 7887-C (410 nm)** : Couleur

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole "\*)".

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

### Annexe de N° commande 1283789

#### CONSERVATION, TEMPS DE CONSERVATION ET FLACONNAGE

Le délai de conservation des échantillons est expiré pour les analyses suivantes :

**Turbidité** 224155

Les paramètres réalisés par AL-West BV sont accrédités selon la norme EN ISO/IEC 17025:2017. Seuls les paramètres non accrédités et/ou externalisés sont marqués du symbole " \* ) " .

Kamer van Koophandel    Directeur  
Nr. 08110898            ppa. Marc van Gelder  
VAT/BTW-ID-Nr.:        Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01

Suivi par :

WESSLING France, 3 Avenue de Norvège, ZA de Courtaboeuf, 91140 Villebon-Sur-Yvette

INFRANEO

Monsieur Cyrille Legouge  
8 Rue des Chênes Rouges  
91580 ETRECHY

N° rapport d'essai	UPA23-025082-1
N° commande	UPA-08546-23
Interlocuteur (interne)	D. Cardon
Téléphone	+33 164 471 475
Courrier électronique	<a href="mailto:David.Cardon@wessling.fr">David.Cardon@wessling.fr</a>
Date	19.06.2023

## Rapport d'essai

**PA23 9103 Châteauneuf-sur-Loire**



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus.

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par ce laboratoire.

Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'IEA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Le 19.06.2023

N° d'échantillon		23-082558-01	23-082558-02	23-082558-03	23-082558-04
Désignation d'échantillon	Unité	PM108 0.5-1.5m	PM110 0.5-1.5m	PM111 0.5-1.5m	PM113 0.5-1.5m

### Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	90,2 (A)	91,6 (A)	92,0 (A)	88,9 (A)
---------------	------------	----------	----------	----------	----------

### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Degré d'acidité	ml/kg MS	69 (A)	55 (A)	32 (A)	38 (A)
-----------------	----------	--------	--------	--------	--------

### Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisé à l'acide chlorhydrique		15/06/2023 (A)	15/06/2023 (A)	15/06/2023 (A)	15/06/2023 (A)
------------------------------------	--	----------------	----------------	----------------	----------------

### Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/kg MS	<450 (A)	<450 (A)	<450 (A)	<450 (A)
----------------	----------	----------	----------	----------	----------

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

< : résultat inférieur à la limite de quantification

NA : Non analysé

### Informations sur les échantillons

Date de réception :	12.06.2023	12.06.2023	12.06.2023	12.06.2023
Type d'échantillon :	Sol / remblais	Sol / remblais	Sol / remblais	Sol / remblais
Date de prélèvement :	07.06.2023	07.06.2023	07.06.2023	07.06.2023
Heure de prélèvement :	15:00	15:00	15:00	15:00
Récipient :	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002	250ml VBrun WES002
Température à réception (C°) :	10°C	10°C	10°C	10°C
Début des analyses :	12.06.2023	12.06.2023	12.06.2023	12.06.2023
Fin des analyses :	19.06.2023	19.06.2023	19.06.2023	19.06.2023
Préleveur :	Client	Client	Client	Client

Le 19.06.2023

N° d'échantillon **23-082558-05**  
Désignation d'échantillon **Unité PM116 0.5-1.5m**

### Analyse physique

Matières sèches - NF ISO 11465 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Matière sèche	% masse MB	92,9 (A)		
---------------	------------	----------	--	--

### Paramètres globaux / Indices

Degré d'acidité Baumann-Gully - DIN EN 16502 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Degré d'acidité	ml/kg MS	64 (A)		
-----------------	----------	--------	--	--

### Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons) - DIN 4030-2 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisé à l'acide chlorhydrique		15/06/2023 (A)		
------------------------------------	--	----------------	--	--

### Cations, anions et éléments non métalliques

Sulfates (SO4) - Méthode interne : SO4-IC-Agressivité béton - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Sulfates (SO4)	mg/kg MS	<450 (A)		
----------------	----------	----------	--	--

MS : Matières sèches

MB : Matières brutes

< : résultat inférieur à la limite de quantification

NA : Non analysé

### Informations sur les échantillons

Date de réception :	12.06.2023			
Type d'échantillon :	Sol / remblais			
Date de prélèvement :	07.06.2023			
Heure de prélèvement :	15:00			
Récipient :	250ml VBrun WES002			
Température à réception (C°) :	10°C			
Début des analyses :	12.06.2023			
Fin des analyses :	19.06.2023			
Préleveur :	Client			

**Le 19.06.2023**

**Informations sur vos résultats d'analyses :**

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.  
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Approuvé par :  
Audrey GOUTAGNIEUX  
Directrice de Production des Laboratoires France

**ANNEXE 8 :**

**ETUDE HYDROGEOLOGIQUE - PREMIERE  
APPROCHE DE LA PIEZOMETRIE ET DES  
RAYONS D'ACTION DES POMPAGES EN  
FOUILLE**



## Note technique

Première approche de la piézométrie et des rayons d'action des pompages en fouille

Construction d'un lycée sur la commune de Châteauneuf-sur-Loire

Rapport AF23110183 – AT1

*Version initiale : 05/12/2023*

## Table des matières

<b>1. OBJECTIFS</b>	<b>3</b>
<b>2. SENS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE</b>	<b>4</b>
<b>3. RAYON D'ACTION DES POMPAGES</b>	<b>8</b>
<b>4. RECOMMANDATIONS</b>	<b>9</b>

## Tables des figures et tableaux

Figure 1 – Localisation des piézomètres sur le site.....	4
Figure 2 – Variations piézométriques au droit des ouvrages Pz1 et Pz2 entre 2020 et 2023 .....	5
Figure 3 – Variations piézométriques en SP101-Pz1 et SP113-Pz2 – Mesures manuelles mensuelles .....	5
Figure 4 – Variations piézométriques en SP101-Pz1 et SP113-Pz2 – Mesures automatiques journalières .....	6
Figure 5 – Identification des sens d'écoulement des eaux souterraines (faible précision) .....	7
Tableau 1 – Synthèse des perméabilités mesurées sur site [3] .....	8
Tableau 2 – Rayon d'action, R (en m), selon la perméabilité des terrains et le rabattement souhaité .....	8

## 1. OBJECTIFS

Le présent document est une étude préliminaire des données de piézométrie disponibles sur le site de construction du lycée de Châteauneuf-sur-Loire.

Les documents de référence sont les suivants :

- [1] - Étude géotechnique préalable G1 – GINGER – Réf : OOR2.K.0504 du 20/02/2020
- [2] - Suivi piézométrique – Ginger – Réf : OOR2.K.0504-2\_piézo\_2022-2023\_2023-03
- [3] - Étude géotechnique de conception – Mission G2 AVP – INFRANEO du 26/07/2023 – Réf : Rp-PA23 9103-IndB

Il consiste à :

- Établir des hypothèses de sens d'écoulement de la nappe de surface
- Calculer les rayons d'action de mise à sec des fouilles par pompage, liées à la construction de l'ouvrage

Dans le but de répondre à une partie de la demande de compléments concernant la construction du lycée, par le service Eau, Environnement et Forêt de la Direction départementale des territoires (dossier n°2023-0100027824).

Les contextes géologiques et hydrogéologiques sont décrits en [1] et [3].

## 2. SENS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE

La détermination du sens d'écoulement de la nappe se fait grâce aux mesures des niveaux d'eau dans les piézomètres installés. Ceux-ci doivent être nivelés précisément. Les cartes d'écoulements des eaux souterraines sont interpolées sur la base de 3 piézomètres minimum. Les données à disposition ne permettent pas d'établir de cartes piézométriques, et le degré d'imprécision des directions données est important.

Données disponibles :

- Étude Ginger : pose de 2 piézomètres Pz1 et Pz2, respectivement au droit des sondages SP1 et SP4. Le suivi est réalisé de février 2020 à mars 2023.
- Étude INFRANEO : pose de 2 piézomètres SP101-Pz1 et SP113-Pz2, respectivement au droit des sondages identiquement nommés, suivi depuis juin 2023 (suivi en cours).



Figure 1 – Localisation des piézomètres sur le site

Les mesures mensuelles sur 3 ans (février 2020 – février 2023) montrent des flux dirigés vers un axe moyen nord-est (pouvant donc aller du nord-ouest au sud-est - voir flèches bleues sur la carte ci-après). L'imprécision étant due au manque de données spatiales.

Le gradient moyen est situé autour de 0,2%, sauf en été, où l'on observe une situation proche de l'équilibre des flux entre les 2 piézomètres.

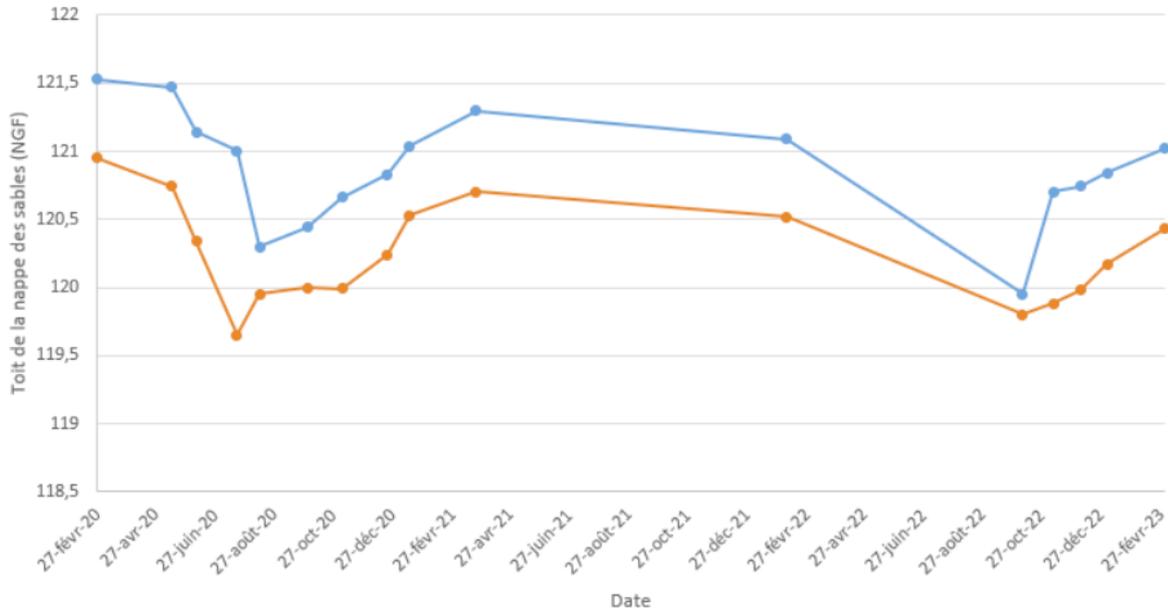


Figure 2 – Variations piézométriques au droit des ouvrages Pz1 et Pz2 entre 2020 et 2023

Les mesures réalisées depuis juin 2023 jusqu'à ce jour (ci-dessous) montrent globalement des flux identiquement orientés, avec néanmoins une inversion des flux durant l'été 2023 (août). Cette variation se produit en été, comme celles distinguées en été 2022 et 2020, mais non vue en 2021 (car pas de mesure).

### Variations piézométriques au droit des ouvrages SP101-Pz1 et SP113-Pz2 - Mesures manuelles mensuelles

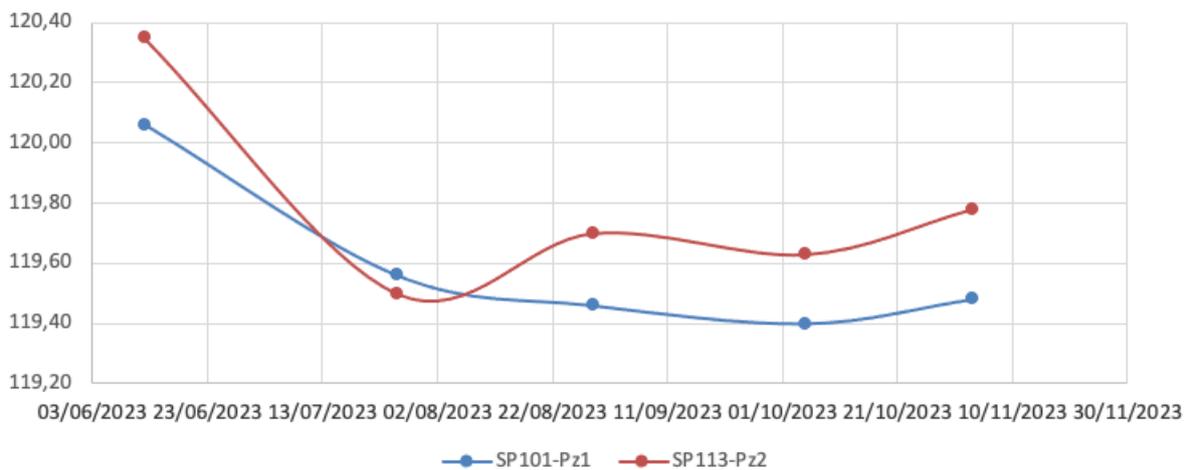


Figure 3 – Variations piézométriques en SP101-Pz1 et SP113-Pz2 – Mesures manuelles mensuelles

Plus en détail, le suivi par sondes automatiques (relevé journalier) montre les deux piézomètres synchrones en termes de réactivité, avec une inversion de courbe en juin-juillet. L'écart moyen sur la période août-septembre est 0,2m, soit un gradient de 0,16% environ (proche de la moyenne annuelle sur 3 ans).

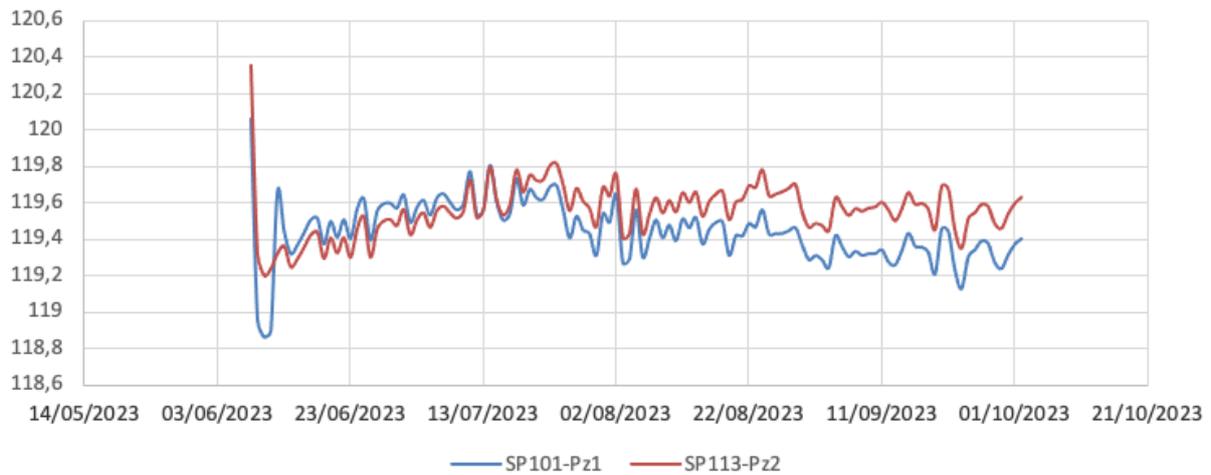


Figure 4 – Variations piézométriques en SP101-Pz1 et SP113-Pz2 – Mesures automatiques journalières

Les piézomètres actuels montrent donc le fonctionnement hydrogéologique suivant :

- Des flux orientés nord-ouest au sud-est (flèches bleues ci-après) – à préciser par la pose d'autres piézomètres.
- Une inversion moyenne des flux vers le sud-ouest (nord-ouest / sud-est) en été – à préciser par la pose de nouveaux piézomètres.
- Le gradient sera à recalculer en fonction des précisions sur les directions exactes des flux.



Figure 5 – Identification des sens d'écoulement des eaux souterraines (faible précision)

### 3. Rayon d'action des pompages

Les rayons d'action des pompages, R, en fond de fouille peuvent être approchés de manière théorique selon la formule de Sichardt :

$$R = 3000 \cdot \Delta H \cdot \sqrt{k} \quad \text{avec}$$

H : le rabattement désiré (en m)

k : la perméabilité (m/s)

Ainsi, pour des perméabilités telles que mesurées sur site :

Sondage	Essai réalisé	Profondeur de l'essai (m/TN)	Nature du terrain testé	Perméabilités mesurées (m/s)
<b>GINGER - G1ES/PGC</b>				
PM1/M1	MATSUO	1.90 à 2.30	Argile sableuse	$6 \times 10^{-5}$
PM5/M5	MATSUO	1.90 à 2.30	Argile sableuse	$7 \times 10^{-5}$
PM12/M12	MATSUO	2.00 à 2.40	Argile sableuse	$6 \times 10^{-5}$
PM18/M18	MATSUO	2.00 à 2.40	Argile sableuse	$5 \times 10^{-5}$
<b>INFRANEO - G2AVP</b>				
EP1	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$1 \times 10^{-5}$
EP2	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable grossier	$1 \times 10^{-4}$
EP3	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$3 \times 10^{-5}$
EP4	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$4 \times 10^{-5}$
EP5	Essai d'infiltration	0.00 à 0.80	Sable argileux	$5 \times 10^{-5}$

Tableau 1 – Synthèse des perméabilités mesurées sur site [3]

Les rayons d'action seraient les suivants, selon le rabattement voulu :

		Perméabilité (m/s)		
		1,00E-05	5,00E-05	1,00E-04
Rabattement (m)	2,0	18,97	42,43	60,00
	2,5	23,72	53,03	75,00
	3,0	28,46	63,64	90,00
	3,5	33,20	74,25	105,00
	4,0	37,95	84,85	120,00

Tableau 2 – Rayon d'action, R (en m), selon la perméabilité des terrains et le rabattement souhaité

Dans le cas d'une fouille de 3x3x3m ou de 28x20x3m, le rayon d'action sera assimilable à la portée au-delà du contour périmétrique de fouille. Ces calculs valent pour une fouille ouverte sans parois étanche.

A noter que les deux débits d'exhaure en fond de fouille proposés (25 et 100m<sup>3</sup>/h) n'ont pas d'influence sur le rayon d'action (l'augmentation du débit étant liée à l'augmentation de surface drainée par les fouilles), seules les hauteurs de rabattement demandé et les perméabilités influent sur R.

Des valeurs issues d'autres formules ou d'un retour d'expérience (par un essai de pompage par exemple) peuvent être utilisées en lieu et place de la formule de Sichardt.

## 4. Recommandations

- Les cartes piézométriques ne sont pas établies à partir de données de 2 piézomètres. Le site doit être équipé d'un minimum de 3 à 4 piézomètres pour établir une carte réaliste. Nous préconisons la réalisation de piézomètres à proximité des emplacements suivants notifiés dans [3] :
  - EP101 et EP102
  - Et pour une carte plus globale sur le site PM119 ou PM120, EP105, PM116
- Les données des sondes automatiques sont à mettre en corrélation avec les données barométriques locales. Pour cela, la mise en place d'une sonde barométrique (au même pas de temps que les sondes de niveaux) est conseillée. Ceci ne vaut pas si les sondes sont équipées de capillaires d'équilibrage de pression (modèle non connu au stade de la présente étude).
- Les piézomètres doivent être nivelés avec une précision centimétrique (en relatif et/ou en NGF).

**Pour rappel, la présente étude est une étude préliminaire permettant d'approcher la piézométrie du site à partir des seules données disponibles. Cette étude nécessite l'acquisition de données spatiales complémentaires afin d'établir des cartes d'écoulement précises, par l'installation de nouveaux piézomètres et d'un nivellement (ou d'une vérification du nivellement des piézomètres).**